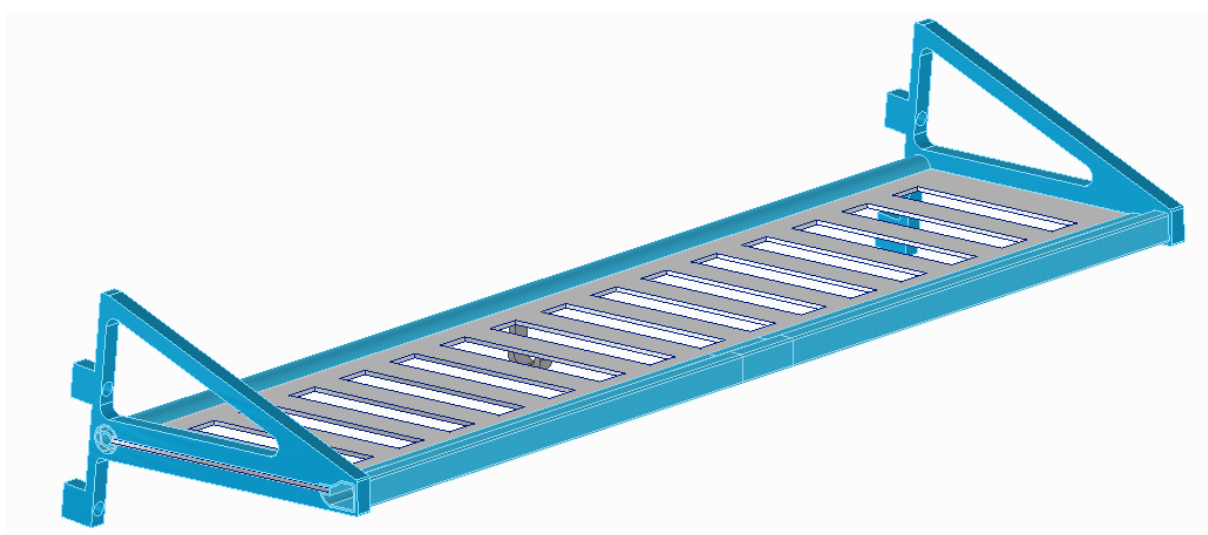


Adam Lekeš

Návrh zavazadlové police

Design of Luggage Rack

Bakalářská práce



Ostrava 2021

Anotace bakalářské práce

LEKEŠ, A.: *Návrh zavazadlové police*. Ostrava: Katedra výrobních strojů a konstruování – 340, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2021. 47 stránek. Bakalářská práce, vedoucí práce: Doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhy zavazadlových polic do vlakových vozů. V úvodu práce je vypracována teoretická část, která se zabývá konstrukcí zavazadlových polic, typy zavazadlových polic a současnými konstrukcemi od různých firem. Dále jsou zde vypsány vyhlášky UIC 566 a UIC 562, podle kterých jsem se v konstruování návrhů řídil. Pro navrženou konstrukci je zde řešeno posuvný háček, typy zadních a předních profilů, jiné nosné konzole a výplně polic. Ve výpočetní části je provedena analýza pomocí metody konečných prvků, kde jsou uvedeny maximální napětí a deformace. Nadále jsem zavazadlové police ověřil pomocí analytických výpočtů.

Annotation of bachelor thesis

LEKEŠ, A.: *Design of Luggage Rack*. Ostrava: Department of Production Machines and Design – 340, Faculty of Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2021. 47 pages. Bachelor thesis, supervisor: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

The bachelor's thesis deals with the design of luggage racks for train cars. In the introduction, a theoretical part is developed, which deals with the construction of luggage racks, types of luggage shelves and current structures from various companies. There are also UIC 566 and UIC 562 decrees, according to which I followed the design. For the designed construction, there is a sliding hook, types of rear and front profiles, other support brackets and shelf fillings. In the computational part, the analysis is performed using the finite element method, where the maximum stresses and strains are given. I continued to verify the luggage racks using analytical calculations.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	5
1 Úvod	7
2 Konstrukce podélných zavazadlových polic.....	8
2.1 Nosné konzole	8
2.2 Výplň police	8
2.3 Přední profil	9
2.4 Zadní profil.....	9
2.5 Háčky.....	9
3 Současná konstrukce polic od různých výrobců	11
3.1 DOPP TRADE	11
3.2 PARS KOMPONENTY	12
3.3 Supratek.....	13
3.4 SEC Nitra	13
3.5 SCHALTBAU HOLDING AG.....	15
3.6 Jármú Zrt.....	16
3.7 Carabelli	17
3.8 SSC	18
4 Požadavky na konstrukci zavazadlových podélných polic	19
4.1 Vyhláška UIC 566	19
4.2 Vyhláška UIC 562	19
5 Konstrukční návrhy zavazadlových polic.....	20
5.1 Konstrukční návrh zavazadlové police 1.....	20
5.2 Konstrukční návrh zavazadlové police 2.....	22
5.3 Konstrukční návrh zavazadlové police 3.....	24
5.4 Uchycení konstrukčních návrhů polic.....	26
6 MKP analýza	27
6.1 Zavazadlový prostor.....	27
6.2 Přední část police.....	28
6.3 Zatížení posuvného háčku	30
6.4 Všechny působící síly dohromady	31
7 Pevnostní výpočty	33
7.1 Návrh rozměrů předního profilu police.....	34
7.2 Návrh rozměrů zadního profilu police.....	37

7.3	Návrh šroubů konzolí.....	39
7.4	Pevnostní kontrola.....	41
8	Závěr.....	43
9	Seznam použité literatury a zdrojů	45
10	Seznam příloh	47

Seznam použitých značek a symbolů

Symbol	Název	Jednotka
MKP	Metoda konečných prvků	
ŽOS	Železniční opravny a strojírny	
$A; B$	svislé reakce v bodě A; B	[N]
b_1	šířka obdélníkového profilu	[mm]
$C; D$	svislé reakce v bodě C; D	[N]
D	vnější průměr mezikruží	[mm]
d_2	průměr stoupání závitu	[mm]
d_3	průměr jádra závitu	[mm]
F_1	síla působící na přední profil	[N]
F_2	síla působící na zadní profil místo síly působící na háček	[N]
F_s	osová síla namáhající šroub	[N]
f	koeficient smykového tření při reakci S	[-]
f_z	součinitel smykového tření v závitech	[-]
H	pracovní výška profilu závitu	[mm]
h_1	výška obdélníkového profilu	[mm]
i	počet šroubů v jedné konzole	[-]
J_x	kvadratický moment k ose X	[mm ⁴]
k	koeficient bezpečnosti	[-]
k_s	koeficient smykového tření v reakci S	[-]
L	celková délka police	[mm]
$M_o(x_1)$	velikost ohybového momentu v prvním úseku	[N·mm]
$M_{o_{max}}$	maximální ohybový moment	[N·mm]
M_u	utahovací moment šroubu	[N·mm]
m	délka závitu	[mm]
P	stoupání závitu	[mm]
p	tlak v závitech	[MPa]
p_{DOV}	dovolený tlak v závitech	[MPa]
$q_{1/2}$	spojité zatížení působící na výplni police	[N·m]
Re	mez kluzu materiálu	[MPa]
S	reakce ve vazbě konzole	[N]

S	plocha průřezu jadra šroubu	$[\text{mm}^2]$
t	tloušťka stěny obdélníkového profilu	$[\text{mm}]$
t	tloušťka mezikruží	$[\text{mm}]$
W_k	průřezový modul v krutu	$[\text{mm}^3]$
$W_{o\min}$	minimální hodnota kvadratického momentu	$[\text{mm}^3]$
y_{\max}	vzdálenost těžiště od nejvzdálenějšího bodu	$[\text{mm}^3]$
α	vrcholový úhel závitu	$[\text{°}]$
γ	úhel stoupání závitu	$[\text{°}]$
φ'	třecí úhel v závitu	$[\text{°}]$
σ	napětí ve šroubu	$[\text{MPa}]$
σ_{DOV}	dovolené napětí	$[\text{MPa}]$
σ_{RED}	redukované napětí podle hypotézy HMM	$[\text{MPa}]$
τ_k	smykové napětí	$[\text{MPa}]$

1 Úvod

Téma bakalářské práce bylo zadáno společností Škoda Transportation a.s., konkrétně Škoda VAGONKA a.s, která sídlí v Ostravě a toto odvětví se specializuje na železniční dopravu. Škoda VAGONKA a.s, za dobu své existence již vyrobila spoustu kolejových vozidel. Jedno z nich je také elektrická jednotka Interpanter (obr. 1.1), která je především vyrobena pro vzdálenější trasy. Ovšem nevyrábí pouze kolejová vozidla, ale také montuje komponenty do nich. Jeden z komponentů je také zavazadlová podélná police. U výroby zavazadlové podélné police klademe hlavně důraz na nosnost, hmotnost, design, ale také na utlumení deformací vnějšími vlivy. Těmito požadavky se budu nadále v mé práci řídit a dopodrobna je rozebírat. Má práce je zaměřena na konstrukční návrh zavazadlové police s posuvným háčkem, se snahou splnit všechny konstrukční požadavky. Následně v práci svůj konstrukční návrh pevnostně zkontroluji.



Obrázek 1.1 – elektrická jednotka Interpanter [18]

2 Konstrukce podélných zavazadlových polic

Konstrukční provedení zavazadlových polic, materiál i výbava nejvíce závisí na požadavku zákazníka, ale všechny se musí řídit podle dvou vyhlášek. Tyto vyhlášky nám určují různé okrajové podmínky a parametry zavazadlových polic. Jsou to vyhlášky UIC 562 a UIC 566.

2.1 Nosné konzole

Konzole jsou nosné části police obvykle vyrobeny z hliníku. Můžou být plné, ale taky duté, aby se do nich mohla skrýt všechna kabeláž například pro světla umístěné zespod polic. Jejich tvar může být různý a závisí na typu vozu a designu police (obr. 2.1).



Obrázek 2.1 - příklady konzolí polic [1]

2.2 Výplň police

Výplň je další nezbytnou částí konstrukce. Nejčastější výplní je bezpečnostní sklo, děrovaný hliníkový nebo ocelový plech či plastová výplň. Pro cestující je určitě příjemnější bezpečnostní sklo nebo děrovaný plech, aby mohli po dobu své jízdy vlakem sledovat své zavazadlo (obr. 2.2).



Obrázek 2.2 - příklady výplně polic [1]

2.3 Přední profil

Přední profil je určen k tomu, aby spojoval dvě konzole k sobě dohromady společně se zadním profilem. Může být různých tvarů, ovšem bývá většinou dutý s drážkou pro výplň (obr. 2.3). Na předním profilu bývá také umístěn displej s čísly sedadel a rezervací. Přední profil má za úkol udržet zavazadlo, aby nepřepadlo z police na cestující při jízdě vlaku.



Obrázek 2.3 - příklady předních profilů polic [1]

2.4 Zadní profil

Zadní profil bývá vybaven reproduktorem, lampičkou, háčky apod. Je v něm umístěna drážka pro výplň, stejně jako v předním profilu, ale navíc tam může být taky drážka pro posuvné háčky na odložení oděvu pro cestující (obr. 2.4).



Obrázek 2.4 - příklady zadních profilů polic [1]

2.5 Háčky

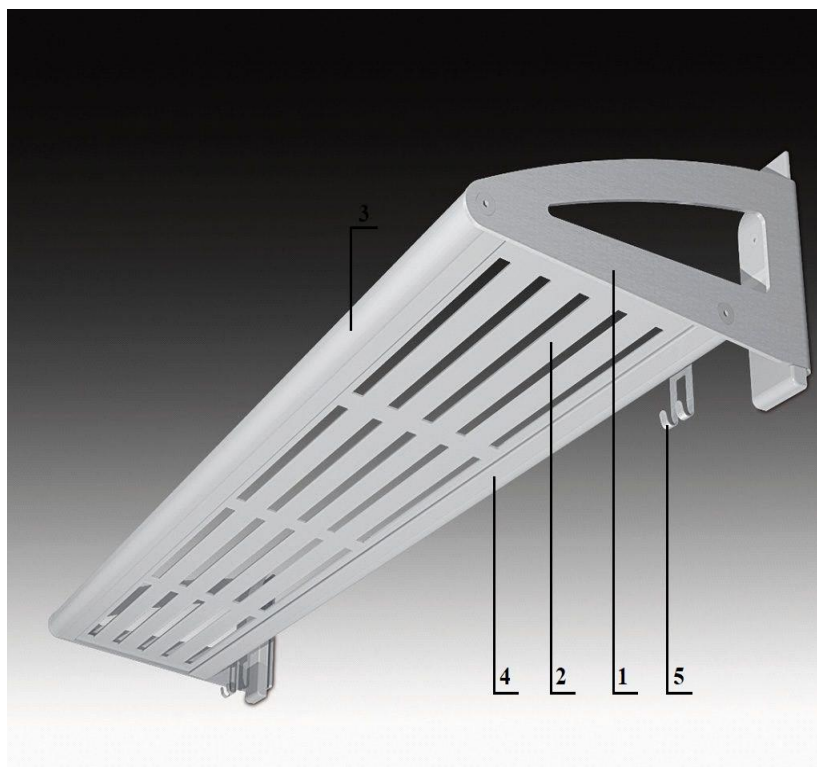
Háčky jsou součástí konstrukce police, které ale nejsou nezbytnou součástí polic. Háčky mohou být konstruované jako posuvné, ale i jako pevné (obr. 2.5). Jestli háčky budou na polici či nebudou, je rozhodnutí zákazníka. Slouží k odložení oděvů pro zpříjemnění cesty cestujícími.



Obrázek 2.5 - posuvný háček



Obrázek 2.6 – háček napevno



Obrázek 2.6 - příklad police s popsanými částmi [3]

1 – nosná konzole police, 2 – výplň police, 3 – přední profil police, 4 – zadní profil police, 5 – posuvný háček police

3 Současná konstrukce polic od různých výrobců

3.1 DOPP TRADE

Společnost vznikla roku 2004 v České republice a sídlí ve Studénce. Společnost se nezabývá pouze komponenty pro vlaky, ale například i pro tramvaje či autobusy. Komponenty pro vlaky, kterými se společnost zabývá, jsou: dveře vstupní, čelní, nákladové, stanoviště či vnitřní, okna výklopná, polospouštěcí, pevná nebo stanoviště, police podélné (obr. 3.1), (obr. 3.2), příčné, do kupé a velkoobjemové, mezistěny a v neposlední řadě rampy sklopné, přenosné nebo zdvihací plošiny [4].

Police podélné firmy DOPP TRADE splňují požadavky UIC 562 a rozměry s provedením jsou dle požadavků zákazníka. Vyrábějí police rámové s výplní, rám police bývá hliníkový, výplň je sklo dle ECE R43, plast nebo plech. Uchycení je provedeno do konzole hliníkové nebo ocelové. Jako doplňkové vybavy se na policích můžou nacházet ocelové háčky posuvné nebo pevné, elektronický rezervační systém, reproduktory, snímače teploty a v neposlední řadě osvětlení [5].



Obrázek 3.1 - první příklad zavazadlové police od společnosti DOPP Trade [5]



Obrázek 3.2 - druhý příklad zavazadlové police od společnosti DOPP Trade [5]

3.2 PARS KOMPONENTY

Druhá česká společnost vznikla roku 1999 také v České republice se sídlem ve Studénce. Firma se zabývá komponenty především pro hromadné dopravní prostředky a to zejména do železničních vozů, trolejbusů, autobusů, tramvají či metra. Např. do vlaku jsou to tedy tyto komponenty: okna, mezistěny, stupačky, police, plošiny nebo rampy, dveře vnitřní, čelní, vstupní i řidiče a v neposlední řadě okna čelní nebo řidiče [6].

Podélné police, které vznikají pod rukama firmy PARS KOMPONENTY plní požadavky UIC 562. Výbavu police si určuje zákazník, firma může dodat police bez výbavy, ale i s výbavou, kterou tvoří rezervační systém, osvětlení, reproduktory, instalovaná čidla a další (obr. 3.3). Jedna z polic, která se běžně vyrábí, je police podélná jednoduchá, která je tvořena z hliníkových konzol a profilů. Výplň je bezpečnostní sklo a ze spodní strany je tabule pískována (obr. 3.4) [7].

PARS KOMPONENTY v roce 2015 začali navazovat spolupráci s designéry, aby vymysleli a vylepšili nynější koncepty polic.



Obrázek 3.3 - návrh designu zavazadlové police od společnosti PARS Komponenty [8]



Obrázek 3.4 - realizace zavazadlové police od společnosti PARS Komponenty [9]

3.3 Supratek

Firma Supratek ze Slovenska začínala svou kariéru převážně na elektrotechnickém průmyslu. Šlo především o montáže, ale kromě toho firma také vyráběla kovací nástroje. Firma prosperovala a dnes poskytuje komplexní výrobu ze spousty odvětví [10].

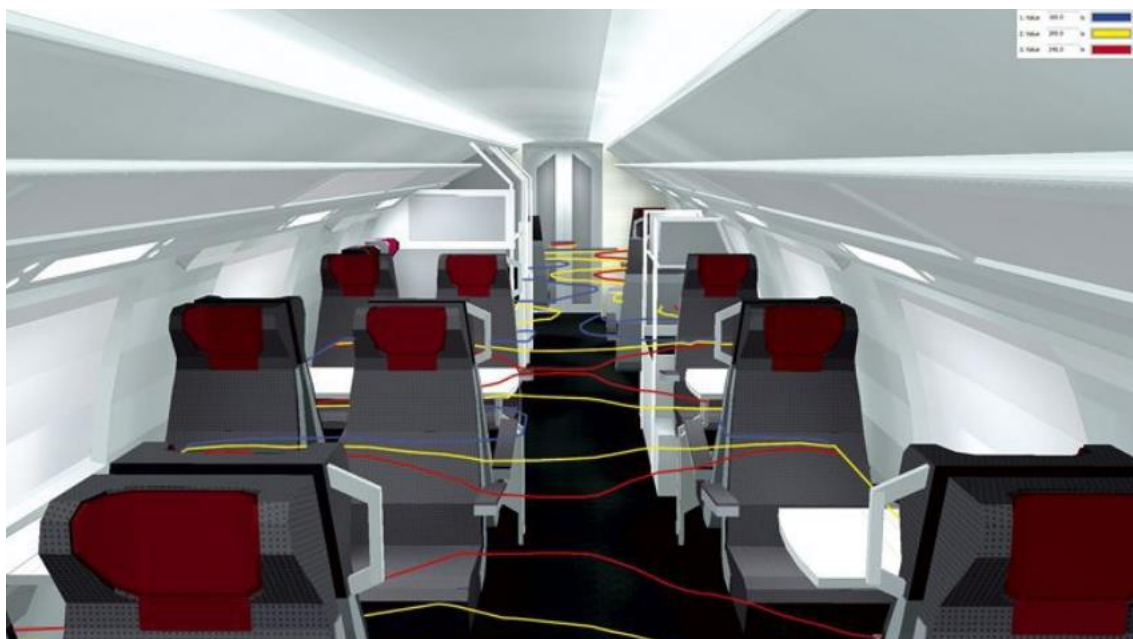
Samung Electronics, ŽOS Trnava nebo ZF Boge Elastmetall jsou jedny z mnoha firem, se kterými společnost Supratek spolupracuje. Co se týče zavazadlových polic, tak Supratek rozhodně není jedna z firem, která se primárně soustředí na výrobu polic na Slovensku.

3.4 SEC Nitra

SEC Nitra vznikla v roce 1992 na Slovensku a je to firma zabývající se primárně osvětlením, ale taky zavazadlovými policemi (obr. 3.7), stropními panely a funkčními Al profily. Firma se přes 28 let natolik vyvinula, že sama disponuje těmito výrobními linkami: výroba elektroniky,

CNC obrábění, CNC výroba plechových dílů, povrchová úprava, laser a potisk pro plexi, finální montáž a logistika [11].

Jedna ze zavazadlových podélných polic, které SEC Nitra nabízí, můžeme dokonce najít ve vozech značky ŠKODA TRANSPORTATION (obr. 3.6). Dále nabízí konstrukčně těžší police, které mají více doplňkových prvků. Své police modelují a následně vizualizují v programu CATIA (obr. 3.5).



Obrázek 3.5 - Ukázka vlakového prostoru navrhované společností SEC Nitra – návrh [12]



Obrázek 3.6 - Ukázka vlakového prostoru navrhované společností SEC Nitra – realizace [12]



Obrázek 3.7 - návrhy designu dvou různých zavazadlových polic od společnosti SEC Nitra [13]

3.5 SCHALTBAU HOLDING AG

Schaltbau group z Německa je jedna z největších firem v Německu ohledně dopravních výrobků. Vyrábí nejen mechanické, ale taky automatické systémy. Přes konektory, spínače, stykače až po železniční komponenty a kompletní vybavy kabin [14].

Například roku 2016 pro vlaky britské provozovny Thameslink společnost SCHLTBAU GROUP vytvořila více než 250 zavazadlových polic v různých barevných provedení (obr. 3.8). Dodala policím kompletní osvětlení včetně kabeláže [14].



Obrázek 3.8 - Návrh zavazadlové police pro vlak Bombardier Electrostar [14]

3.6 Jármű Zrt

Společnost z Maďarska se chlubí tím, že vyrábí své produkty do vlaků či autobusů již od roku 1916. Mezi jejich škálu výrobků spadá zavazadlová police, dveře, okna, mezistěny a další. Jejich výrobky můžeme především najít ve vlacích v Maďarsku – Reiljet nebo pak všude po Evropě ve vlacích - Inter City, Express a ICX. Pak taky v dvoupatrových vozech v Německu nebo ve Švýcarsku a v neposlední řadě ve vozidlech Thameslink, SWT a Moorgate v Británii [15].

Konstrukce podélné zavazadlové police, které Jármű Zrt vyrábí je různá. Na následujících obrázcích (obr 3.9), (obr. 3.10) můžeme vidět jen dva z mnohých, které společnost vyrábí. Základna je většinou hliníková kombinací se skleněnou, dřevěnou nebo plastovou výplní. Některé typy polic jsou vybavené zabudovaným osvětlením nebo háčky v závislosti na požadavky zákazníků. Povrch hliníku lze podle potřeby eloxovat, lakovat nebo i práškově lakovat [15].



Obrázek 3.9 - BOMBARDIER DO2010 zavazadlová police společnosti Jármű Zrt [16]



Obrázek 3.10 - Siemens Railjet zavazadlová police společnosti Jármű Zrt [16]

3.7 Carabelli

Společnost Carabelli z Itálie je jedna z nejdůležitějších výrobců kolejových vozidel již více než 20 let. Nejprve začali dodávat potahy sedadel či rolety. Zakázky se jim hromadily a to jim otevřelo bránu pro spoustu nových projektů. Carabelli nyní pravidelně vyrábí: rolety, zavazadlové boxy, zavazadlové police (obr. 3.11), zábradlí, koše, potahy, dveře toalet a další [17].



Obrázek 3.11 - zavazadlová police vlaku INTERCITY ZÜGE od společnosti Carabelli [17]

3.8 SSC

Společnost ze Švýcarska vybavuje kolejová vozidla zavazadlovými policemi již několik let. Police vyrábějí s několika doplňky, jako jsou: světla na čtení, nepřímé osvětlení, rezervace sedadel, sluneční clony nebo zábradlí (obr. 3.12). Zaměřují se hlavně na vytvoření moderních polic a chlubí se vynikajícím ohybovým a torzním momentem [2].

Police jsou převážně z hliníku a nerezové oceli. Výplň polic bývá skleněná, plastová, kovová, ale také i dřevěná



Obrázek 3.12- realizace zavazadlové police společnosti SSC [2]

4 Požadavky na konstrukci zavazadlových podélných polic

4.1 Vyhláška UIC 566

Vyhláška pojednává o zatížení karosérií vozu a jejich součástí.

Vyhláška říká, že testovací zatížení na zavazadlové police by mělo být ve formě závaží vhodného vybavení rovnoměrně rozděleno na celý povrch zavazadlové police tak, aby se zatížení rovnalo 1000 N na metr délky. Zároveň by mělo být aplikováno bodové zatížení 850 N na každý prvek na předním okraji a to ve formě buď přídavného závaží, nebo testovacího válce.

Další věci jsou věšáky a háčky, na které by rovněž mělo být aplikováno testovací zatížení v různých směrech a to ve formě přídavných závaží dle specifických tahových sil.

4.2 Vyhláška UIC 562

Tato vyhláška je zaměřena především na stanovení prostorových nároků zavazadel a rozměr polic, ale také jako opatření proti krádežím.

Zavazadlové police musí být dostatečně velké na obdélníkové zavazadlo s rozměry 260 mm vysoké a 300 mm široké. Dále musí být nakloněné minimálním poměrem 1:8 k vodorovné ose police z bezpečnostních důvodů. Z hlediska pohodlí a bezpečnosti cestujících se doporučuje výplň taková, aby na ní šlo vidět z pohledu sedícího cestujícího.

Pokud nejsou zavazadlové police přímou uceleny s přídavnými doplňky, měla by mezi nimi být udržována minimální mezera o velikost 60 mm.

Dále povrch zavazadlových polic by měl být hladký a zároveň odolný vůči škrábancům a nárazům. Police by také měly mít jednoduchou konstrukci pro snadné čištění.

Vyhláška taky doporučuje doplnit hlavní zavazadlové police o menší poličky, které by měly být umístěny pod hlavními policemi a měly by sloužit pro umístění menších zavazadel. Poličky by také měly být usazeny ve stejném sklonu jako hlavní zavazadlové police, jejich doporučená délka by měla být minimálně 160 mm a mezi hlavní policí a přídavnou poličkou by pak měl být prostor o výšce minimálně 140 mm.

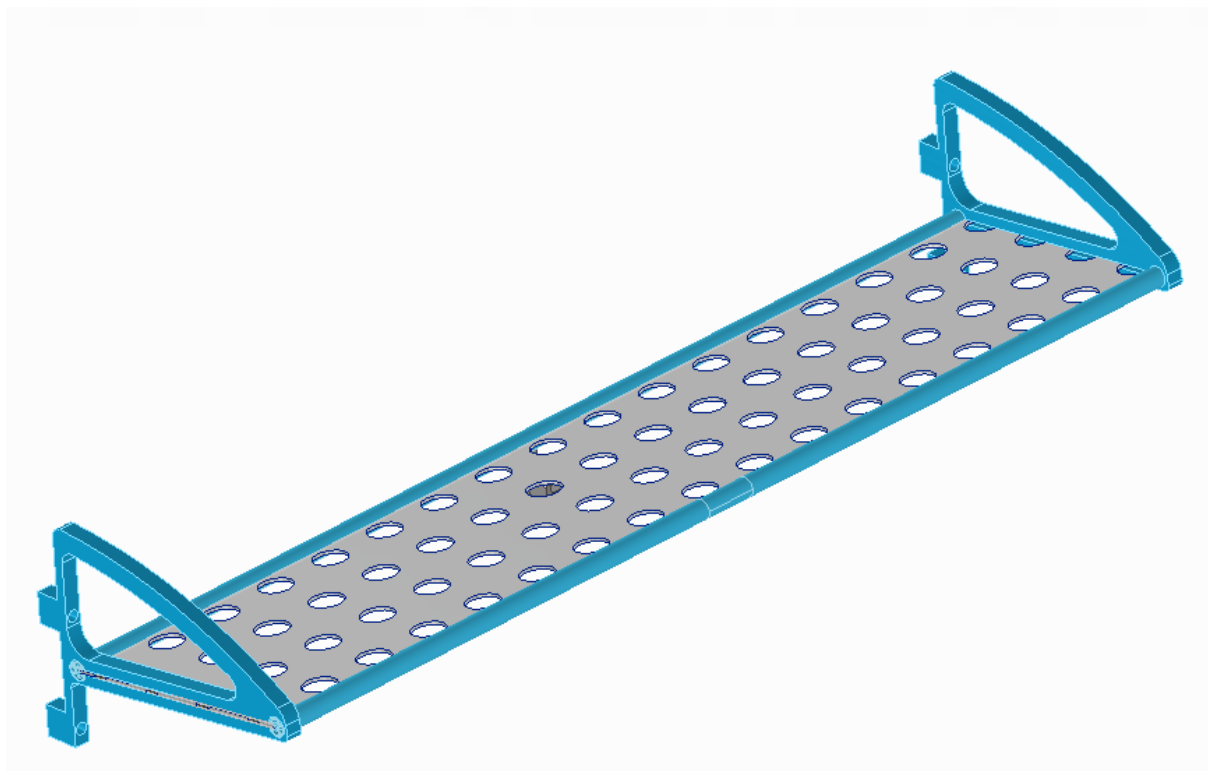
Zavazadlové police by měly být dostatečně velké na to, aby se na nich dalo uložit zavazadlo o minimální velikosti 70x50x30 cm. Horní okraj zavazadlových sklápěcích polic by měl být ve výšce mezi 1700 mm až 1900 mm od země, ale v případě napevno přidelaných polic v maximální výšce 1825 mm od země.

5 Konstrukční návrhy zavazadlových polic

Tato část bakalářské práce je zaměřena na mé konstrukční návrhy podélných zavazadlových polic. Cílem bylo vytvořit 3 od sebe odlišné zavazadlové police, kde v každé jsem použil jiné protlačované profily, jinou výplň police a také konzole. Také jsem do každé z polic navrhnul posuvný háček.

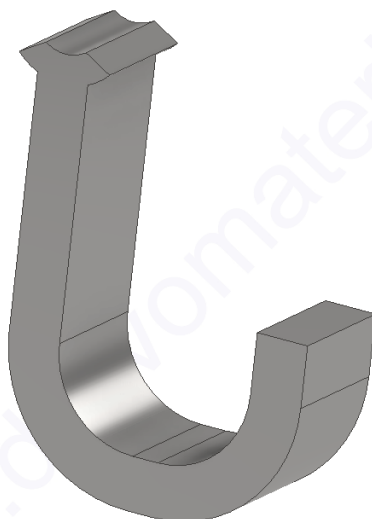
5.1 Konstrukční návrh zavazadlové police 1

První návrh je zobrazen na obr. 5.1. Všechny díly byly vymodelovány v programu Inventor a následně seskládány v sestavě. Návrh představuje jako výplň děrovaný hliníkový plech (obr. 5.1), aby pasažéři zespod viděli na svá zavazadla, při čemž splňuje vyhlášku UIC 562 pro prostor zavazadlové police. Dále jsou zde dva nejjednodušší kruhové protahované profily (obr. 5.3). Přičemž v zadním je drážka pro posuvný háček (obr. 5.2), aby splňoval návrh zadání. Dvě konzole na obou stranách jsou odlité ze slitiny hliníku (obr. 5.4). V návrhu jsou použity dva gumový pás, které je vloženy na vrchní část výplně a také na spodní část výplně, čímž snižuje rázy při jízdě vlaku.



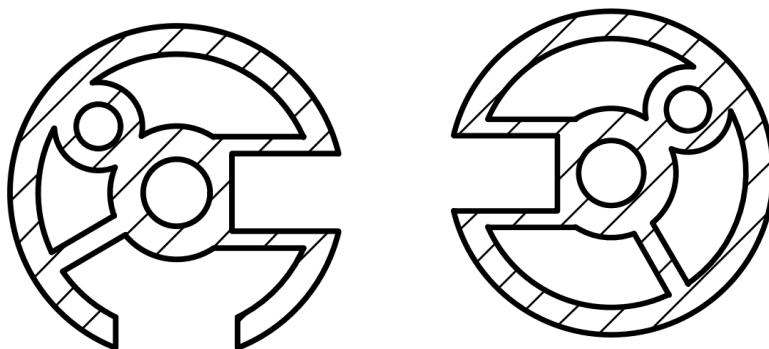
Obrázek 5.1 - První návrh zavazadlové police

Na dalším obrázku (obr. 5.2) můžeme vidět mnou navrhnutý posuvný háček, který se zasune do zadního policového dílu, kde si pasažér vlaku může s tímto háčkem libovolně posouvat ze strany do strany. Háček je vyroben z konstrukční oceli ČSN 1.0553 (S355J0 dle EN 10025).



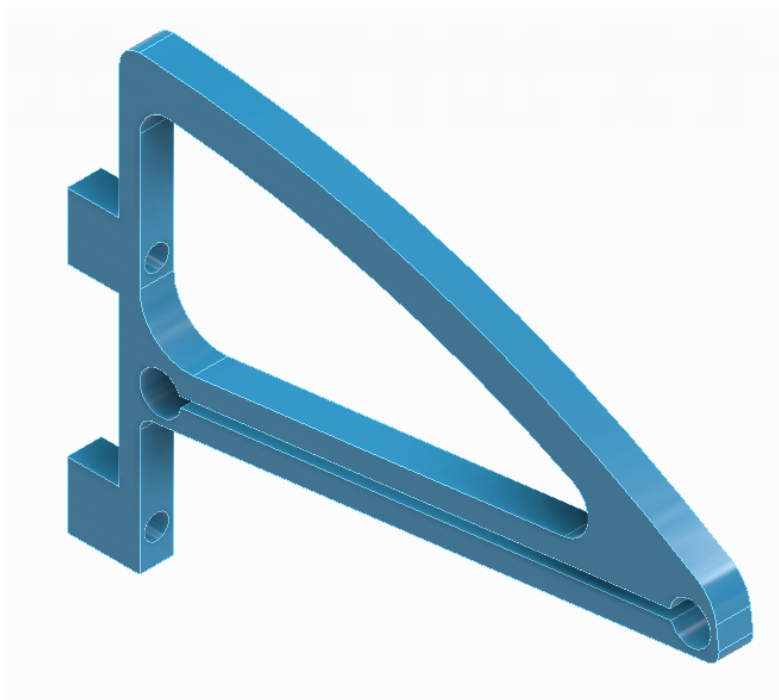
Obrázek 5.2 – Posuvný háček

Pro první konstrukční návrh jsem volil přední i zadní profil stejný, s výjimkou u zadního profilu drážky pro háček (obr 5.3). Materiál jsem zvolil slitinu hliníku - dural EN AW 2007 (AlCu4Mg1). Jsou oba kruhovitěho tvaru s drážkou pro výplň a gumové pásy. Uvnitř profilu jsou dva kruhové otvory, které slouží pro vyztužení či pro vedení elektrických obvodů.



Obrázek 5.3 - Přední a zadní profil první police

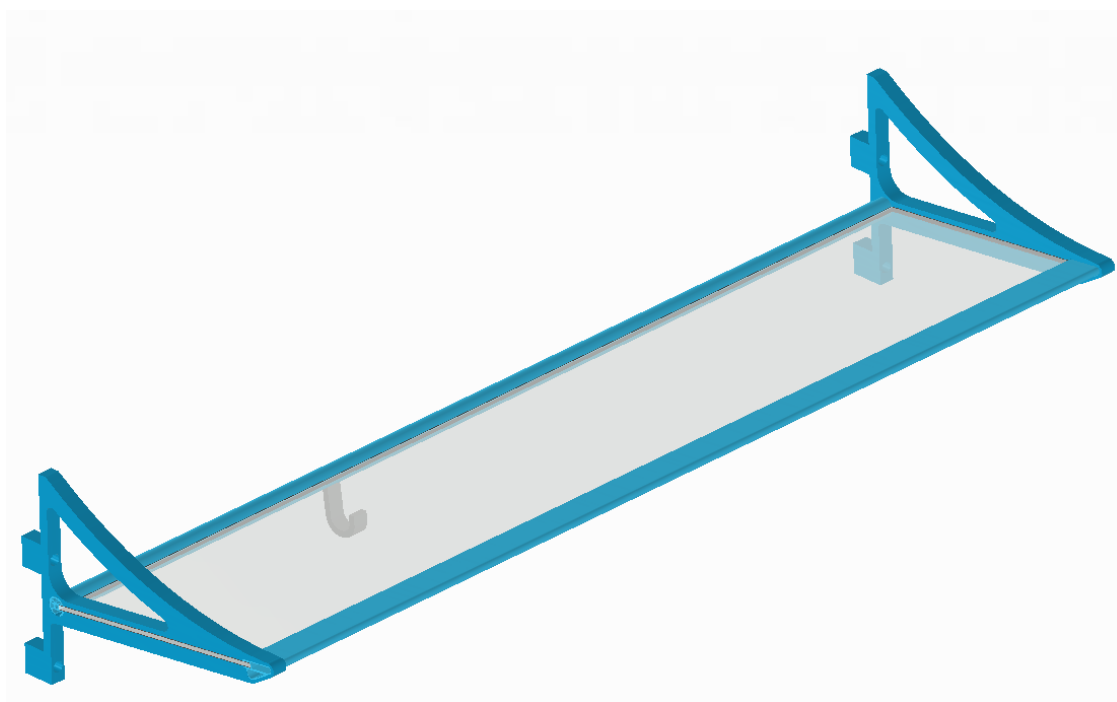
Konzole prvního konstrukčního návrhu je velmi jednoduchá (obr. 5.4), nachází se zde konkávní oblouk, který slouží především jako podpora pro udržení samotné police jako takové. Dále jsou zde díry pro kruhové profily, které se vloží do obou děr. Do drážky se nasune výplň námi zvolený děrovaný plech a gumové pásy. Dále se zde nachází dvě díry pro šroub, aby se konzole mohly uchytit do konstrukce vozu.



Obrázek 5.4 – Konzole prvního návrhu

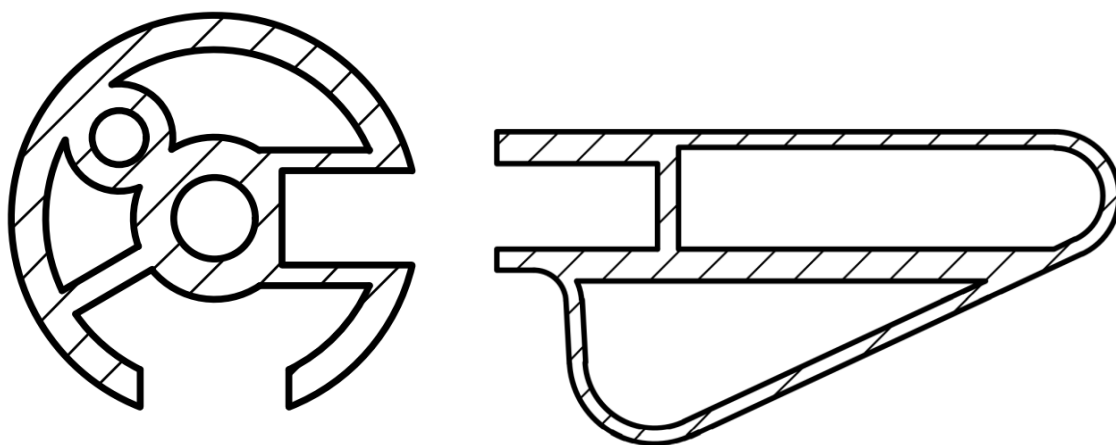
5.2 Konstrukční návrh zavazadlové police 2

Další návrh je zrealizovaný se skleněnou výplní (obr. 5.5). Sestava byla také vymodelována v programu Inventor a splňuje vyhlášku UIC 562. Zadní protahovaný profil zůstal stejný jako u prvního návrhu a stejně tak i drážka pro posuvný háček (obr. 5.6). Přední profil jsem zde volil jiný (obr. 5.7). Konzole jsou opět odlitky z hliníkové slitiny, ale v jiném tvaru. Také zde v návrhu můžeme je použít gumový pás, který má pro polici kladné funkce.



Obrázek 5.5 - Druhý návrh zavazadlové police

V dalším konstrukčním návrhu jsem zanechal zadní policový díl naprosto stejný jako u předchozí police. Má kruhový tvar a drážky pro výplň a háček. Přední policový díl je už jiného tvaru (obr. 5.6). Takový tvar jsem viděl u společnosti BEMAX, kde jsem se také nechal inspirovat. V profilu se nachází prostory pro uložení kabelů, při montování elektrický obvodů jako jsou např. informační panely.



Obrázek 5.6 - Přední a zadní profil druhé police

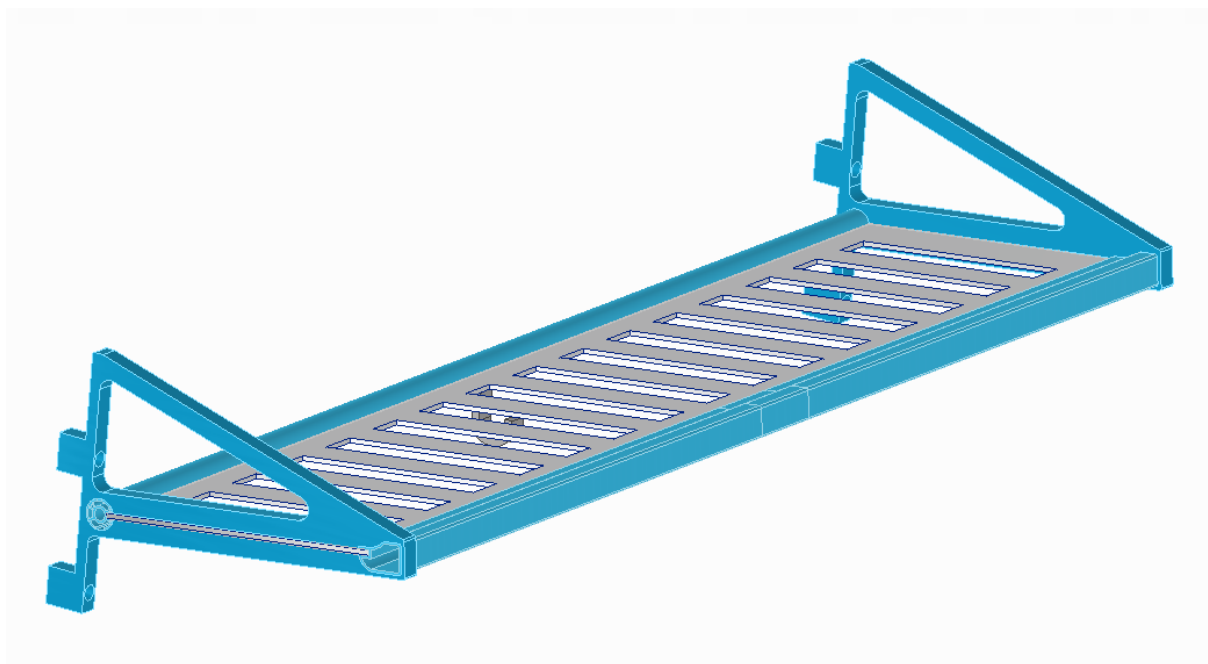
U druhého konstrukčního návrhu je konzole také naprosto obyčejná (obr. 5.7), protože v jednoduchosti je krása. Tentokrát je zde konvexní oblouk, který má stejný účel jako u první police – stabilita. Nachází se zde opět díra pro zadní policový profil a otvor specifického tvaru pro přední policový profil. Dále je tu opět drážka, do které se nasune skleněná výplň společně s gumovými pásy. Díry pro šrouby pro upevnění konzolí do vozu jsou samozřejmostí.



Obrázek 5.7 - Konzole druhého návrhu

5.3 Konstrukční návrh zavazadlové police 3

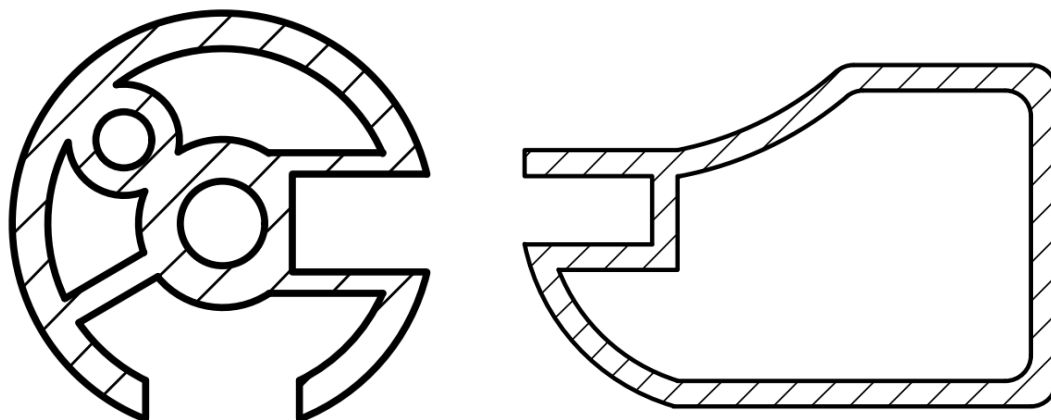
Poslední a to třetí návrh je opět s hliníkovou výplní, tentokrát s otvory ve tvaru obdélníku (obr. 5.8). Tento návrh byl opět zrealizovaný pomocí programu Inventor a podle vyhlášky UIC 562. Zadní profil jsem ponechal stejný jako u dvou předchozích návrhů, ovšem přední se opět liší od obou návrhů (obr. 5.9). Konzole na obou stranách jsou odlity ze slitiny hliníku (obr. 5.10). I v posledním návrhu je obsažen gumový pás nad i pod výplní.



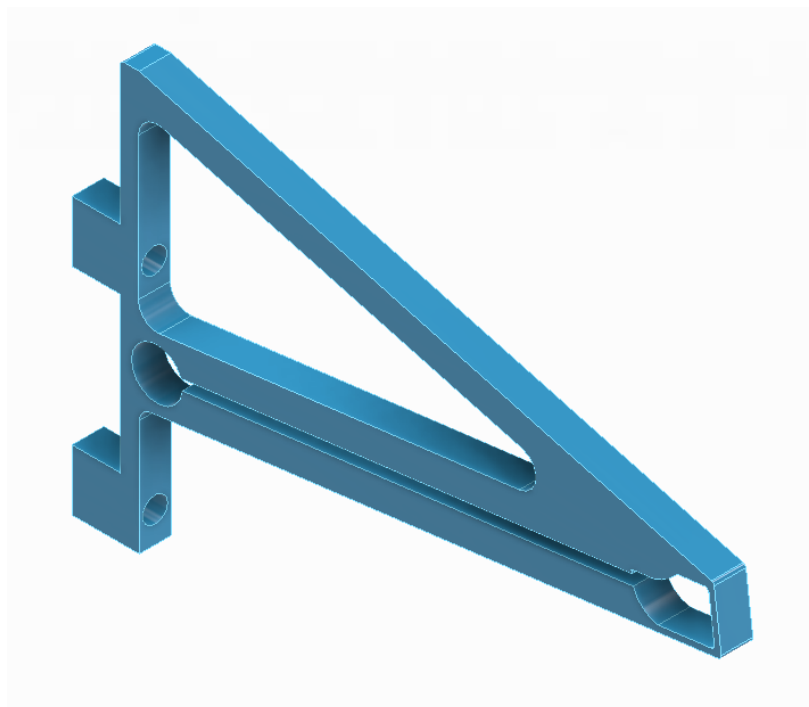
Obrázek 5.8 - Třetí návrh zavazadlové police

V posledním konstrukčním návrhu jsem použil stejný zadní policový profil jako u obou předchozích konstrukčních návrhů. Naopak přední policový profil se liší (obr. 5.9). Je obdélníkového tvaru, dutý pro kabeláž apod. a nachází se zde drážka pro vložení výplně a gumových pásů.

Poslední konstrukční návrh mají obě nosné konzole trojúhelníkovou mezeru (obr. 5.10). Dvě díry pro šroub, pro uchycení nosných konzolí do konstrukce vozu. Kruhovou díru pro přední policový profil a díru specifického tvaru pro přední policový profil. V neposlední řadě drážku pro vložení plechu s obdélníkovými otvory a gumových pásů.



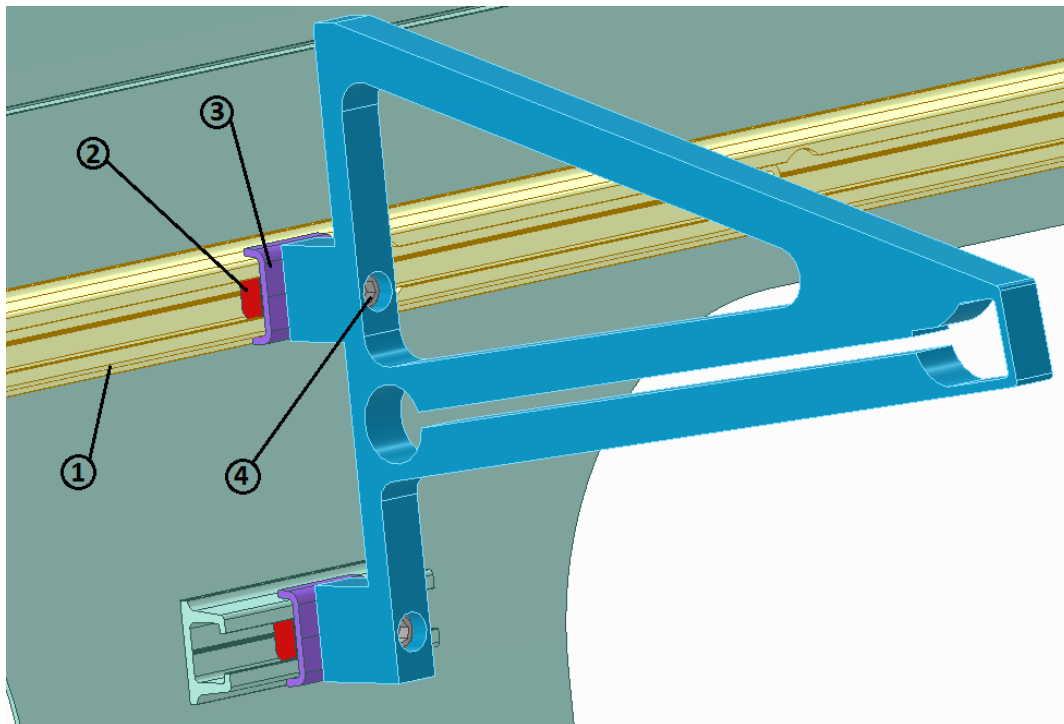
Obrázek 5.9 - Přední a zadní díl třetí police



Obrázek 5.10 - Konzole třetího návrhu

5.4 Uchycení konstrukčních návrhů polic

Nosné konzoly u všech konstrukčních návrhů budou upevněny pomocí šroubového spoje do C drážky (obr. 5.11). Do C drážky je vsunut takzvaný C kámen se závitem (zvýrazněn růžovou barvou), který je spojen s konzolami pomocí šroubů a podložek.



Obrázek 5.11 - ukázka uchycení zavazadlových polic
1 – C drážka, 2 – C matice, 3 – izolační podložka, 4 – maticový šroub

6 MKP analýza

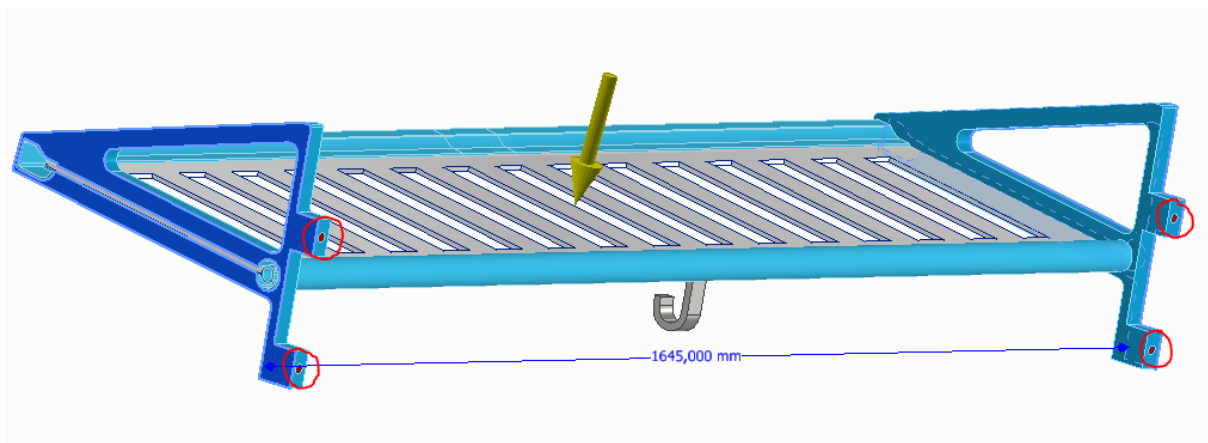
Pro pevnostní kontrolu jsem se rozhodl vybrat konstrukční návrh číslo 3. Tento návrh mi přijde ze všech nejlépe zkonstruovaný a také nejreálnější vyhovět podmínkám, která určuje vyhláška UIC 566.

Metoda konečných prvků byla zrealizována v programu Inventor v systémovém prostředí Pevnostní analýza. Podle vyhlášky UIC 566, se má aplikovat na celý povrch zavazadlové police zatížení o velikosti 1000 N na metr délky. Poté by měla být aplikována síla o velikosti 850 N na přední protahovaný profil a jako poslední měl být testován háček postupným zatížením.

Dotyky jsem mezi háčkem a zadním policovým profilem upravil a to vazbou „Posouvání / Bez oddělení“. Dále jsem upravil vazby mezi protahovanými profilem – výplní a konzolemi – výplní a to na dotyky „Separace“.

6.1 Zavazadlový prostor

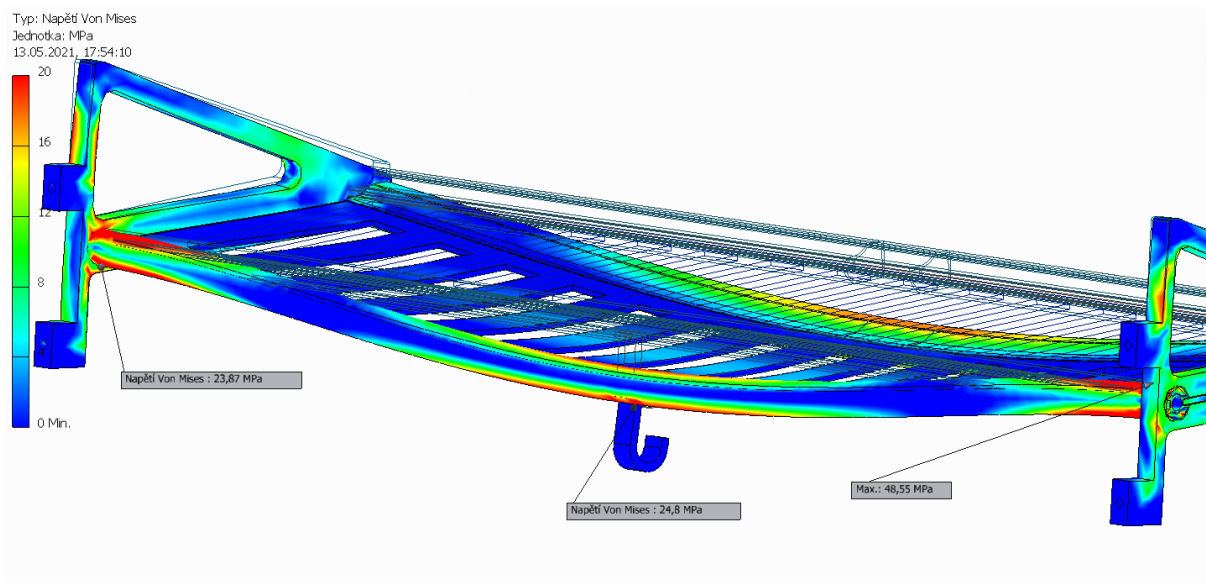
Nejprve byla zavazadlová police zatížena na výplň (v našem případě plech s otvory) byla použita síla 1645 N (obr. 6.1), což odpovídá zhruba zatížení 164,5 kg zavazadel. Tuto sílu jsem vypočítal pomocí délky mé police a pravidla z vyhlášky UIC 566 – $F = 1000 \times 1,645$. Dále do čtyř děr pro šrouby byla aplikována pevná vazba, která nám v našem případě nahradí šrouby (označeno červenou barvou).



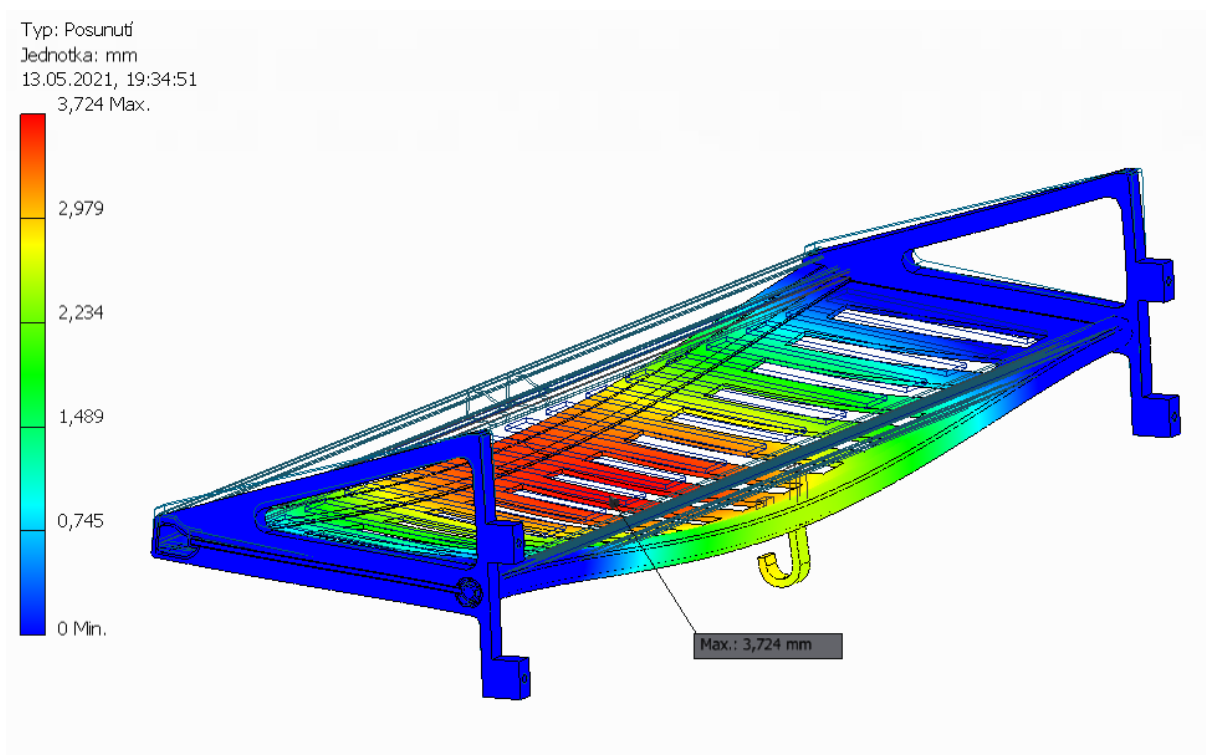
Obrázek 6.1 - Ukázka pevných vazeb a plochy, na kterou působí síla o velikosti 1645 N

Z obrázku 6.2 můžeme vidět, že největší napětí 48,55 MPa vzniká ve spoji mezi zadním profilem a nosnou konzolí. Stupnici napětí jsem volil od 0 do 20 MPa a to proto, aby šlo lépe vidět zatížení na celé zavazadlové polici. Další větší napětí vzniká uprostřed zadního profilu, a to v místě, kde se nachází posuvný háček, konkrétně 24,8 MPa.

Na obrázku 6.3 je patrné, že největší deformace nám vzniká ve výplni police blíže k přednímu profilu a to kolem 3,73 mm. Taková deformace je pro takovou konstrukci zcela přijatelná.



Obrázek 6.2 - Napětí Von Mises při síle 1645 N



Obrázek 6.3 - Posunutí při síle 1645 N

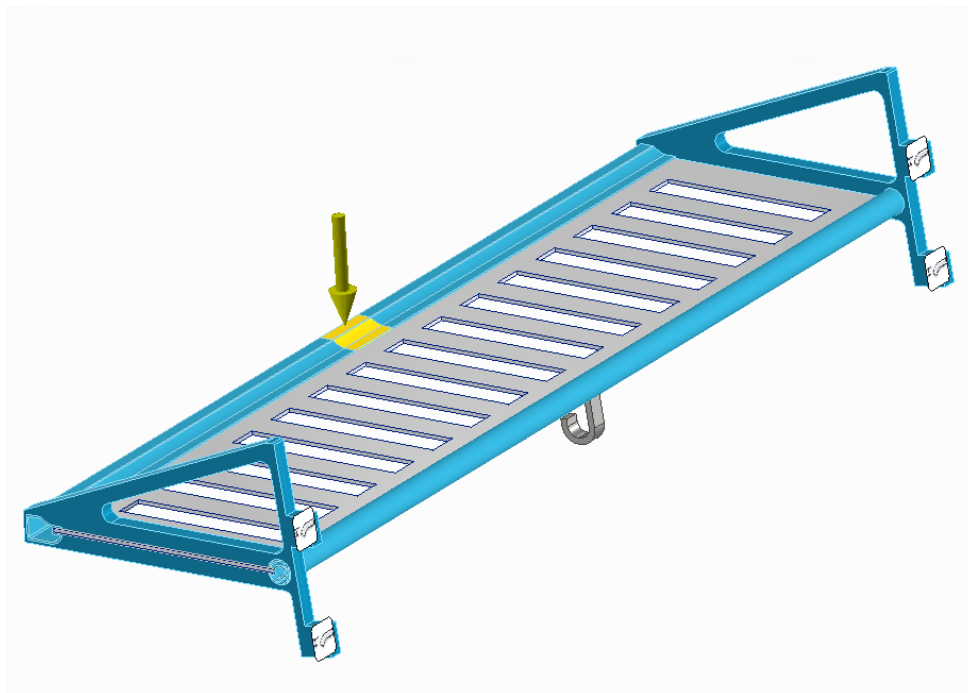
6.2 Přední část police

Dále byla použita síla 850 N na přední protahovaný profil a to v přibližné velikosti ruky (obr. 6.4). Sílu jsem umístil doprostřed protahované profilu, kde vzniká největší napětí. Síla 850 N odpovídá zhruba 85 kg a to je průměrná hmotnost osoby.

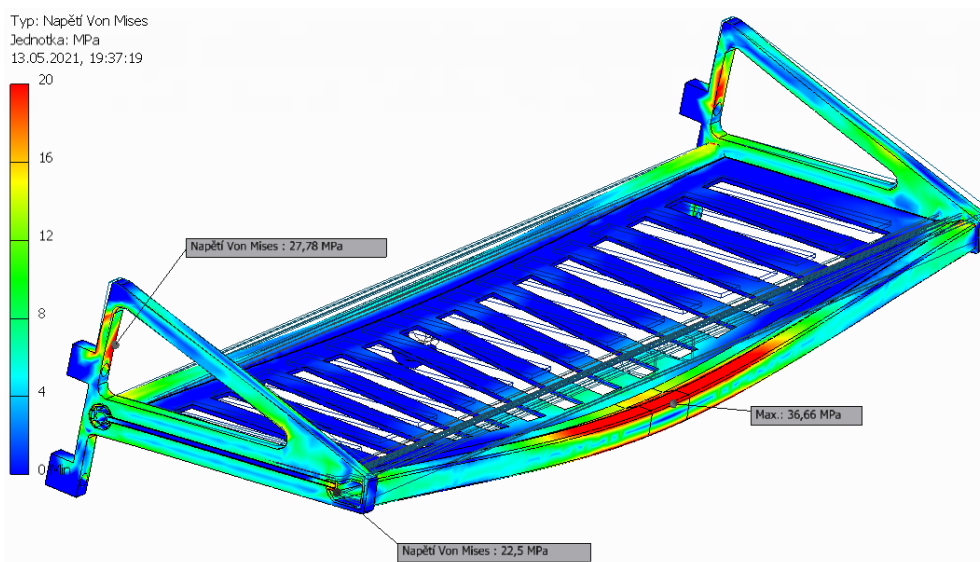
Síla byla aplikována na prostor označen žlutou barvou na obrázku. Pevné vazby zůstaly zachovány z minulé analýzy v dírách pro šrouby.

Stupnici jsem zvolil od 0 do 20 MPa, pro lepší viditelnost napětí. Maximální napětí nám tentokrát vzniká na předním profilu v místě působíště síly (obr. 6.5). Další větší napětí jsou na čelech konzol – 27,8 MPa a v předním profilu v drážce pro výplň – 22,5 MPa.

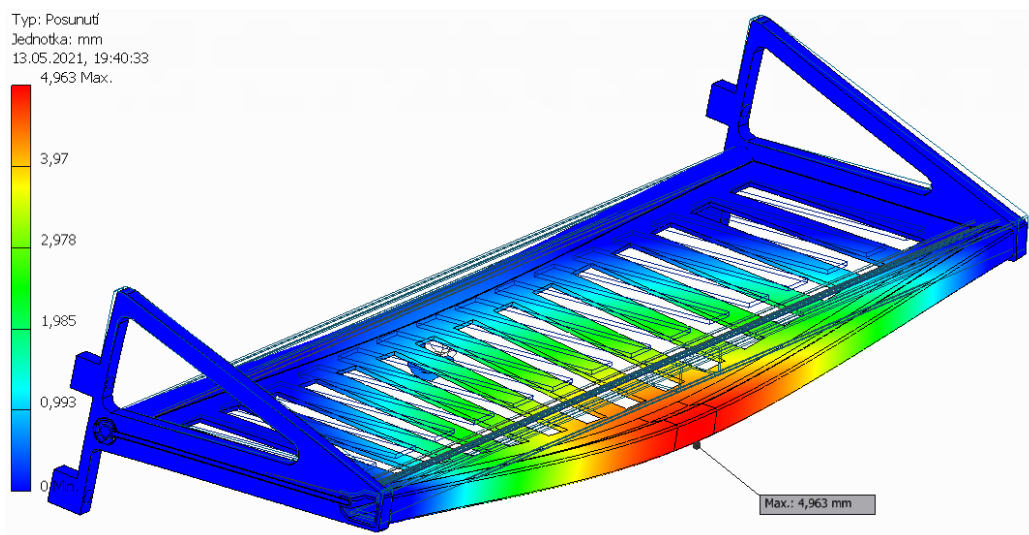
Deformace, při zavěšení osoby o hmotnosti 85 kg na předním policovém profilu jsou největší v místě zavěšení (obr. 6.6). Výsledné posunutí se rovná kolem 5 mm a to po směru gravitační síly. Prohne se především přední policový díl a s ním i výplň police v přední části.



Obrázek 6.4 - Ukázka, kde působí síla 850 N



Obrázek 6.5 - Napětí Von Mises při síle 850 N

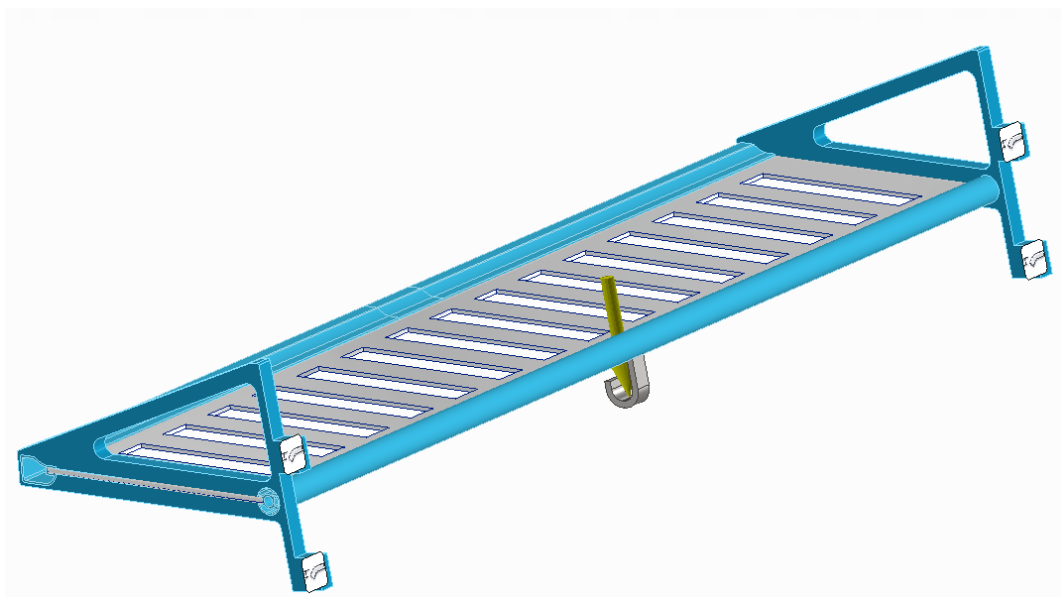


Obrázek 6.6 - Posunutí při síle 850 N

6.3 Zatížení posuvného háčku

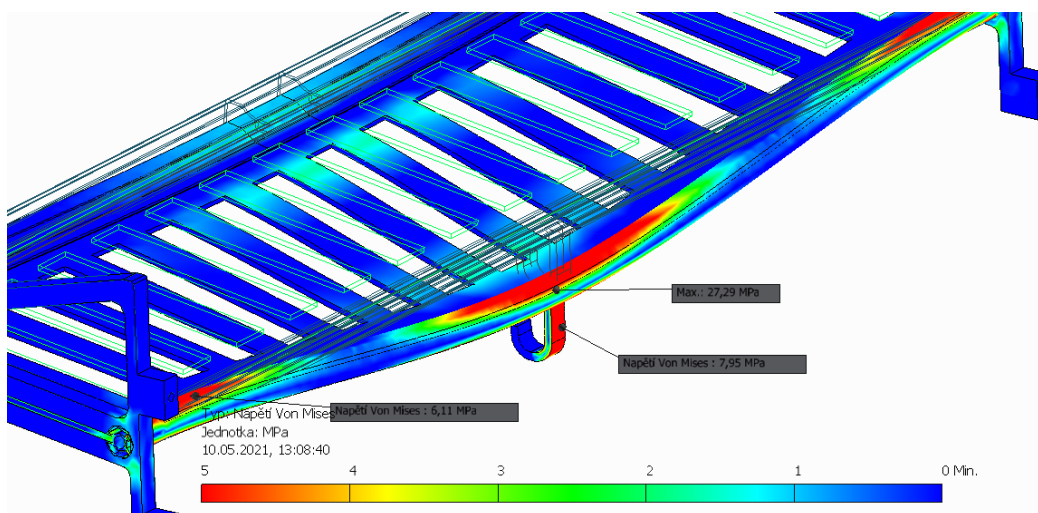
Dále byl zatížen háček, který jsem zatížil silou o velikosti 150 N (obr. 6.7). Stanovil jsem tedy, že háček má nosnost okolo 15 kg. Uvažoval jsem podle svého kabátu, který má hmotnost kolem 1 kg, tudíž taková nosnost háčku by měla být nadmíru dostačující.

Pevné vazby zůstaly z předešlých dvou analýz a to v dírách pro šrouby.



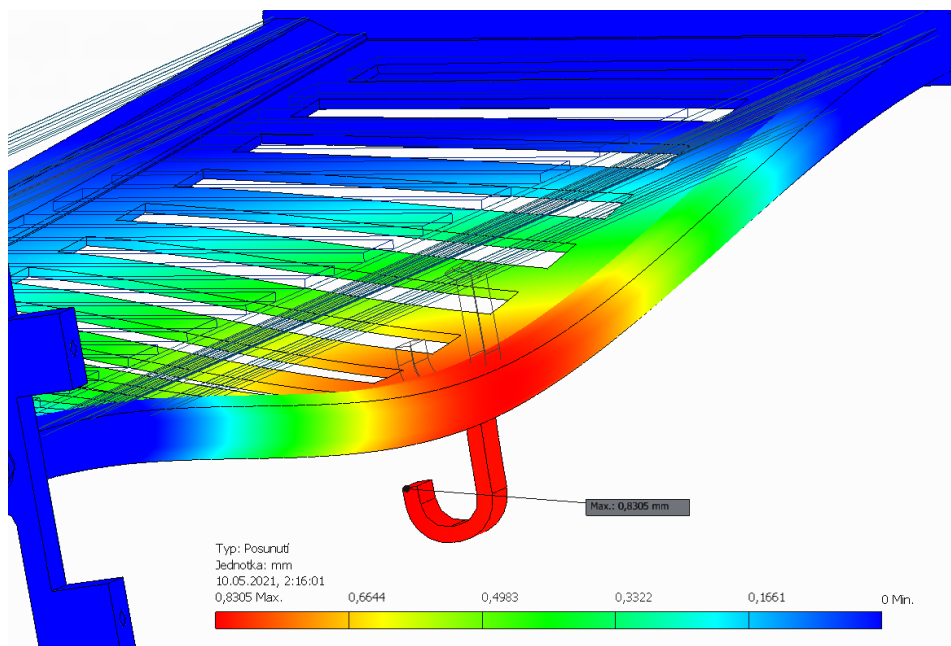
Obrázek 6.7 - Ukázka, jak byl zatížen posuvný háček

Napěťová stupnice je opět zmenšena a to do 5 MPa. Maximální napětí nám vzniká, a to stejně jako u 3 předešlých analýz, v drážce pro háček (obr. 6.8). Je zde napětí o velikosti 27,3 MPa. Další větší napětí působí v zadní části háčku a to přesně kolem 8 MPa a tam, kde se spojuje zadní profil a konzole police vzniká také větší napětí kolem 6 MPa.



Obrázek 6.8 - Napětí Von Mises u zatížení posuvného háčku

Deformace posuvného háčku je zcela nepatrná a zanedbatelná. Je to pouhých 0,83 mm (obr. 6.9).



Obrázek 6.9 - Posunutí u zatížení háčku

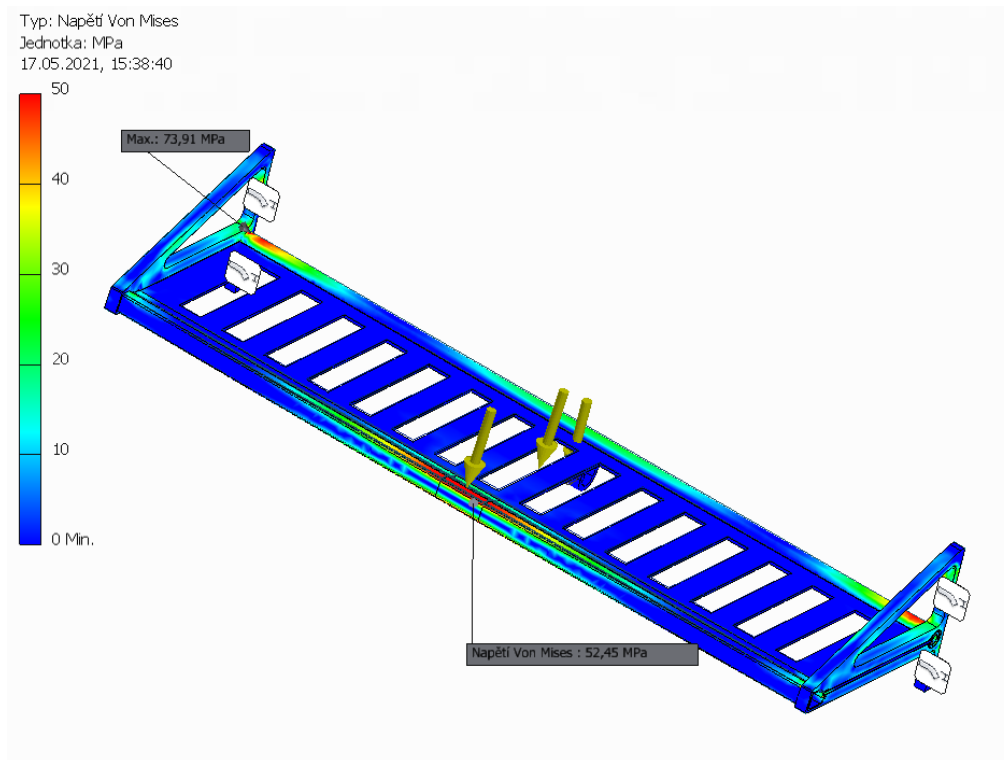
6.4 Všechny působící síly dohromady

Jako poslední jsem spojil tyto tři skutečnosti dohromady a testoval zavazadlovou polici všemi třemi silami. To by nastalo ve chvíli, kdy by zavazadlová police byla zaplněna zavazadly o hmotnosti 164,5 kg, na přední policový díl by se zavěsil člověk průměrné hmotnosti 85 kg a na háčku by byl zavěšen oděv nebo příruční zavazadlo o hmotnosti 15 kg.

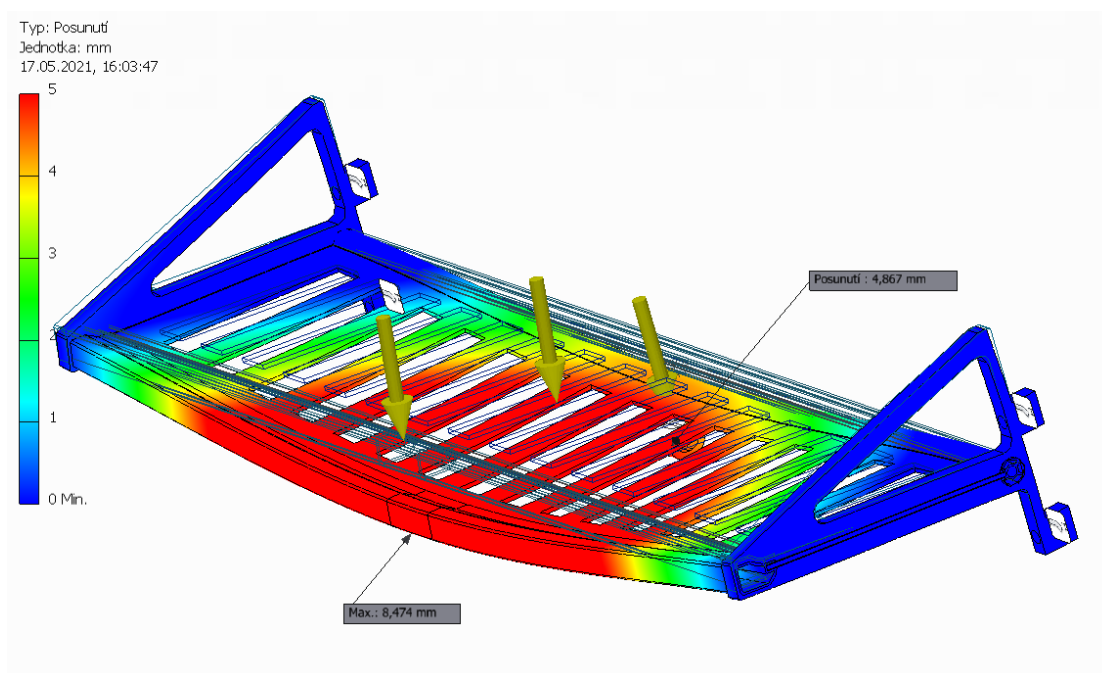
Z obrázku 6.7 můžeme vyčíst, že největší napětí činí kolem 74 MPa, při nejhorším stavu který může nastat, na zadním policovém profilu, ve spoji s nosnou konzolí. Zadní policový profil je z duralu AlCu4Mg1, který má mez kluzu $R_e = 270$ MPa.

Dále můžeme pozorovat na obrázku 6.8, kde je ukázána maximální deformace. Maximální deformace neboli průhyb, který zde nastane, je v přední části police. Police se prohne o 8,5 mm. Dále můžeme vidět další deformace a tím je háček, který se protáhne o necelých 4,9 mm.

Z analýzy metody konečných prvků můžeme tedy udělat závěr takový, že největší kritické místo pro napětí je mezi zadním policovým dílem a konzolí (obr. 6.10) a kritické místo pro deformaci je na přední části police a to oblast mezi předním profilem a výplní (obr. 6.11).



Obrázek 6.10 - Napětí Von Mises při použití všech sil



Obrázek 6.11 - Posunutí při použití všech sil

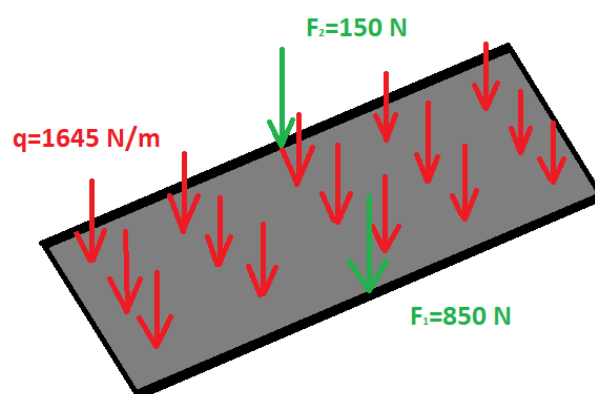
7 Pevnostní výpočty

Pevnostní výpočty jsem se rozhodl spočítat na třetím návrhu. Z pohledu konstrukce mi přijde nejlépe řešený a také nejvíce reálný vydržet pevnostní podmínky z vyhlášky UIC 566.

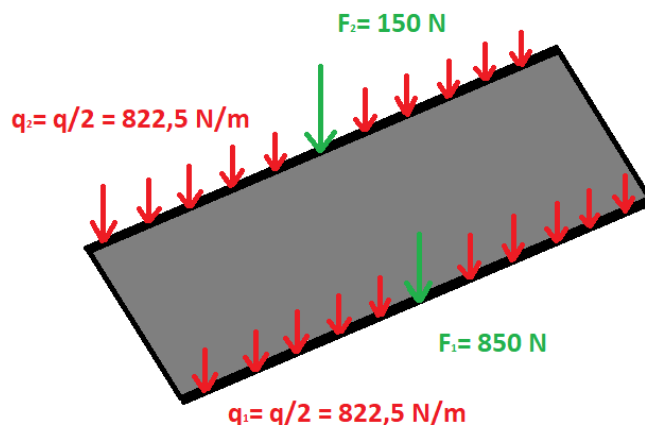
Sílu, která je vytvořena na plochu výplně jsem se rozhodl rovnoměrně rozdělit do předního a zadního profilu (obr 7.2). Tím zde vznikají dva pomyslné nosníky, které představují zadní a přední profil.

Na první nosník, který představuje přední profil, působí spojitě zatížení o hodnotě $q_1 = 1645/2 \text{ N/m} = 822,5 \text{ N/m}$ a samotná síla uprostřed nosníku o hodnotě $F_1 = 850 \text{ N}$.

Na druhý nosník, který představuje zadní profil, působí také spojitě zatížení o hodnotě $q_2 = 822,5 \text{ N/m}$ a samotná síla $F_2 = 150 \text{ N}$.



Obrázek 7.1 - zobrazení sil působících na polici



Obrázek 7.2 - úprava sil působících na polici

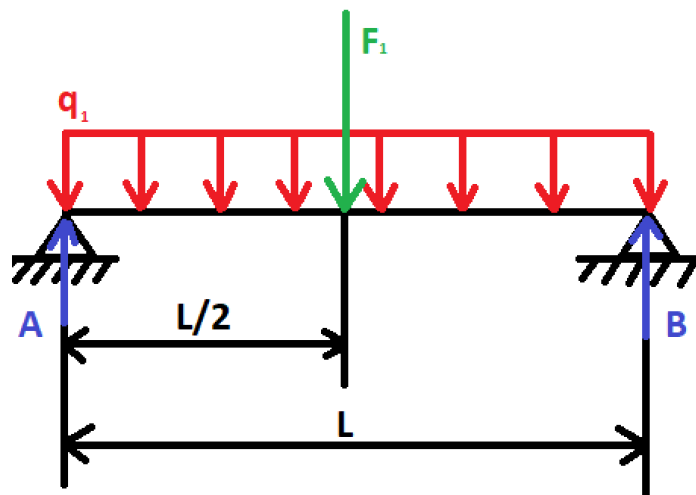
Vstupní data:

L – celková délka police (1645 mm); F_1 – síla působící na přední profil jako náhrada za zavěšenou osobu (850 N); F_2 – síla působící na zadní profil místo síly působící na háček (150 N); $q_{1/2}$ – spojitě zatížení působící na výplni police jako náhrada za zavazadla (822,5 Nm)

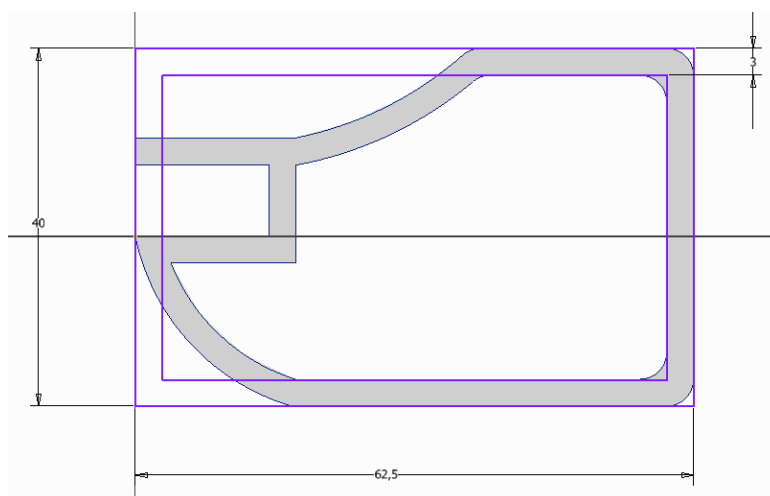
7.1 Návrh rozměrů předního profilu police

Přední profil police je z hlediska sil nejvíce namáhaná součást konstrukčního návrhu, protože přenáší všechny svislé síly na konzole.

Pro mé potřeby jsem ze složitějšího tvaru profilu vytvořil rozměrově lehčí a to obdélníkový trubkový profil (obr. 7.4). Samotný nosník je staticky neurčitý, který je zatížen na celé své délce spojitým zatížením q a jednou osamělou silou F uprostřed nosníku (obr.).



Obrázek 7.3 - nosník předního profilu police



Obrázek 7.4 – zjednodušení předního profilu

Materiál předního profilu police volím hliníkovou slitinu dural – AlCu4Mg1 a vypočítám pomocí meze kluzu dovolené napětí. (7.3)

Nosník má 1 stupeň volnosti, ovšem pomocí reakcí A/B můžeme zjistit momentovou rovnici k jednomu z těchto bodů (7.1) velikost reakce A i B. (7.2)

$$\sum_i M_{iB_i} = 0 \rightarrow -A \cdot L + q_1 \cdot L \cdot \frac{L}{2} + F_1 \cdot \frac{L}{2} = 0 \quad (7.1)$$

$$A = \frac{\frac{L}{2} \cdot (F_1 + q_1 \cdot L)}{L} = \frac{\frac{1,645}{2} \cdot (850 + 822,5 \cdot 1,645)}{1,645} \quad (7.2)$$

$$A = B = 1101,5 \text{ N}$$

kde:

$A; B$ – svislé reakce v bodě $A; B$ [N]

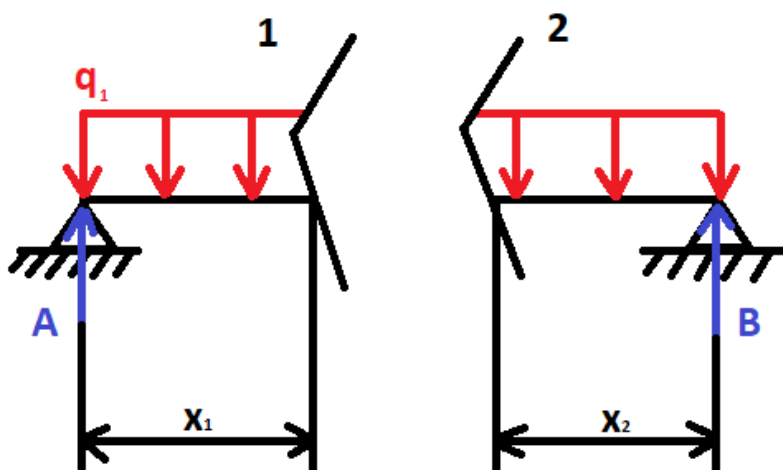
$$\sigma_{DOV} = \frac{Re}{k} = \frac{240}{1,5} \quad (7.3)$$

$$\sigma_{DOV} = 160 \text{ MPa}$$

kde:

σ_{DOV} – dovolené napětí [MPa]; Re – mez kluzu materiálu [MPa]; k – koeficient bezpečnosti [-]

Pro výpočet průběhu funkce ohybového momentu použiju metodu pomyslného řezu (obr. 7.5). Nosník je zatížen symetricky, proto stačí průběh funkce pouze z úseku 1 a druhou půlku 2 můžeme tedy zanedbat.



Obrázek 7.5 - pomyslné řezy předního profilu

$$x_1 \in <0; L/2> \text{ a } x_2 \in <0; L/2>$$

$$M_o(x_1) = -A \cdot x_1 + q_1 \cdot x_1 \cdot \frac{x_1}{2} \quad (7.4)$$

$$M_o(0) = -A \cdot 0 + q \cdot 0 \cdot \frac{0}{2} = 0 \text{ Nm}$$

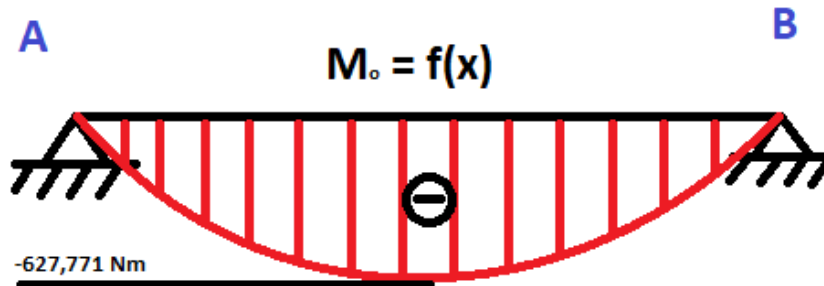
$$M_o\left(\frac{L}{2}\right) = -A \cdot \frac{L}{2} + q_1 \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{L}{4} = -1101,5 \cdot \frac{1,645}{2} + 822,5 \cdot \frac{1,645}{2} \cdot \frac{1,645}{4} \quad (7.5)$$

$$M_o\left(\frac{L}{2}\right) = -627,771 \text{ Nm}$$

kde:

$M_o(x_1)$ – velikost ohybového momentu v libovolném bodě v prvním úseku

Z obr. 7.6 tedy jasně vidíme, že maximální ohybový moment působí právě v půlce celého nosníku.



Obrázek 7.6 - průběh ohybového momentu předního profilu

Na maximální ohybový moment vypočítaný z rovnice 7.5, budu dimenzovat průřez předního profilu police, který jsem si zjednodušil na trubkový obdélníkový, kde nejdříve musíme vypočítat minimální hodnotu průřezového modulu (7.6).

$$\frac{M_{o_{max}}}{W_{o_{min}}} \leq \sigma_{DOV} \rightarrow W_{o_{min}} \geq \frac{M_{o_{max}}}{\sigma_{DOV}} \geq \frac{|-627771|}{160} \quad (7.6)$$

$$W_{o_{min}} \geq 3923,57 \text{ mm}^3 \geq \frac{J_x}{y_{max}}$$

kde:

$M_{o_{max}}$ - maximální ohybový moment [N·mm]; $W_{o_{min}}$ – minimální hodnota kvadratického momentu průřezu plochy v ohybu [mm³]; J_x - kvadratický moment k ose X [mm⁴]; y_{max} – vzdálenost těžiště od nejvzdálenějšího bodu povrchu tělesa [mm³]

$$W_o = \frac{J_x}{y_{max}} = \frac{\frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} - \frac{(b_1 - 2 \cdot t) \cdot (h_1 - 2 \cdot t)^3}{12}}{\frac{h_1}{2}} = \frac{\frac{40 \cdot 62,5^3}{12} - \frac{34 \cdot 56,5^3}{12}}{31,25} \quad (7.7)$$

$$W_o = 9688,834 \text{ mm}^3$$

$$W_o \geq W_{o_{min}}$$

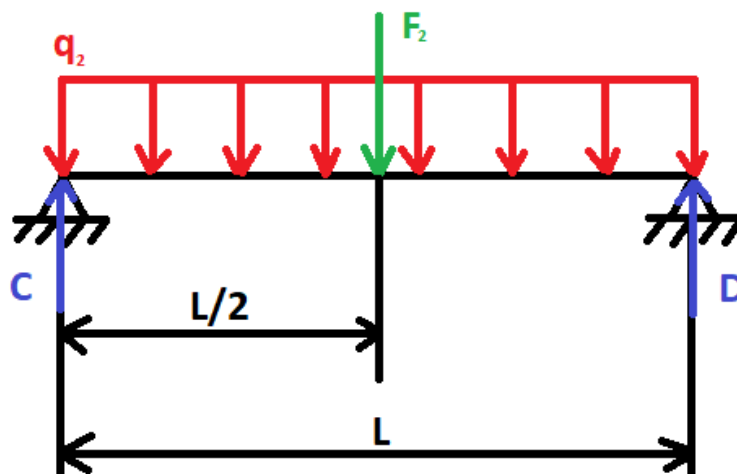
kde:

b_1 – šířka obdélníkového profilu [mm]; h_1 – výška obdélníkového profilu [mm]; t – tloušťka stěny obdélníkového profilu [mm]

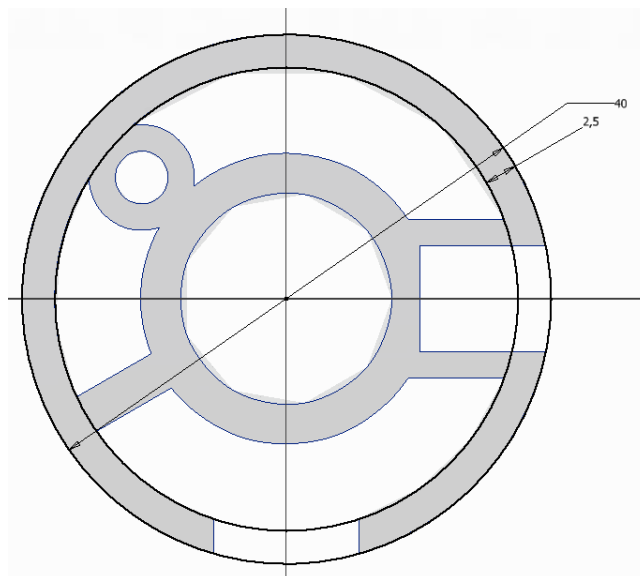
Jelikož W_o mi vyšlo větší než $W_{o_{min}}$, můžu průřez brát jako vyhovující pevnostní podmínce.

7.2 Návrh rozměrů zadního profilu police

Zadní profil police je zatížen spojitým zatížením q_2 , které je rovno zatížení q_1 . Dále je však zatížen silou, která působí na háček a to silou F_2 . Nosník si opět můžeme představit, jako staticky neurčitý a postup výpočtu je obdobný jako u předního profilu police (obr. 7.7). Abych si opět ulehčil výpočet těžiště profilu, tak jsem si kruhový profil upravil (obr. 7.8).



Obrázek 7.7 - nosník zadního profilu police



Obrázek 7.8 - zjednodušení zadního profilu

Nosník má jeden stupeň volnosti, ale opět se dají vypočítat reakce C a D z momentové rovnice k jednomu z daných bodů. Materiál volím opět dural AlCu4Mg, stejně jako u předního profilu police.

$$\sum_i M_{iB_i} = 0 \rightarrow -C \cdot L + q_1 \cdot L \cdot \frac{L}{2} + F_2 \cdot \frac{L}{2} = 0 \quad (7.8)$$

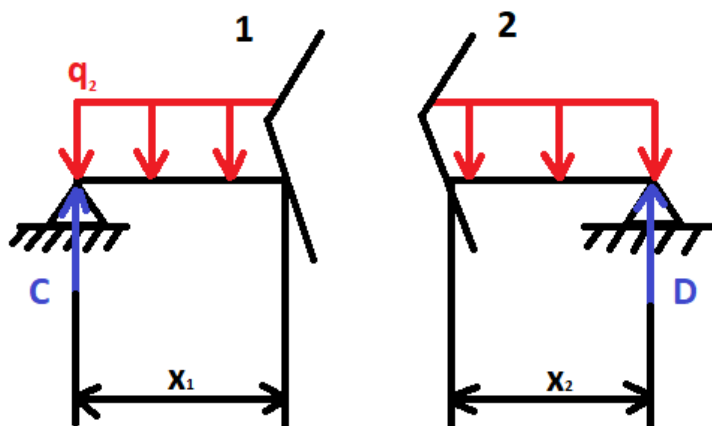
$$C = \frac{\frac{L}{2} \cdot (F_2 + q_2 \cdot L)}{L} = \frac{\frac{1,645}{2} \cdot (150 + 822,5 \cdot 1,645)}{1,645} \quad (7.9)$$

$$C = D = 751,506 \text{ N}$$

kde:

$C; D$ – svislé reakce v bodě C; D [N]

Pro výpočet průběhu funkce opět použijí metodu pomyslného řezu, a protože je nosník symetrický, tak také nám stačí k výpočtu pouze část 1 (obr. 7.9)



Obrázek 7.9 - pomyslné řezy zadního profilu

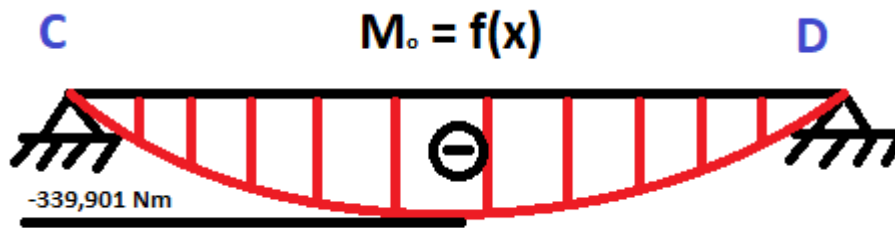
$$M_o(x_1) = -C \cdot x_1 + q_2 \cdot x_1 \cdot \frac{x_1}{2} \quad (7.10)$$

$$M_o(0) = -A \cdot 0 + q \cdot 0 \cdot \frac{0}{2} = 0 \text{ Nm}$$

$$M_o\left(\frac{L}{2}\right) = -C \cdot \frac{L}{2} + q_2 \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{L}{4} = -751,506 \cdot \frac{1,645}{2} + 822,5 \cdot \frac{1,645}{2} \cdot \frac{1,645}{4} \quad (7.11)$$

$$M_o\left(\frac{L}{2}\right) = -339,901 \text{ Nm}$$

Z obr. 7.10 opět můžeme pozorovat, že maximální ohybový moment působí právě v půlce celého nosníku.



Obrázek 7.10 - průběh ohybového momentu zadní police

Na maximální ohybový moment, který jsem vypočítal v rovnici 7.11, budu dimenzovat průřez zadního profilu police. Ten je opět zjednodušený, tentokrát jde o mezikruží. Nejdříve je však nutné získat minimální hodnotu průřezového modulu v ohybu (7.12).

$$\frac{M_{o_{max}}}{W_{o_{min}}} \leq \sigma_{DOV} \rightarrow W_{o_{min}} \geq \frac{M_{o_{max}}}{\sigma_{DOV}} \geq \frac{|-339901|}{160} \quad (7.12)$$

$$W_{o_{min}} \geq 2124,38 \text{ mm}^3 \geq \frac{J_x}{y_{max}}$$

V případě zadního policového dílu musíme také řešit drážku, ve které je umístěn háček na oblečení, ovšem tato drážka nemá vliv na minimální potřebný průřez mezikruží. Především je nutné respektovat drážku pro bezpečné ukotvení výplně.

$$W_o = \frac{\pi \cdot [D^4 - (D - 2 \cdot t)^4]}{32 \cdot D} = \frac{\pi \cdot [40^4 - (40 - 2 \cdot 2,5)^4]}{32 \cdot 40} \quad (7.13)$$

$$W_o = 2600,097 \text{ mm}^3$$

$$W_o \geq W_{o_{min}}$$

kde:

D – vnější průměr mezikruží [mm]; t – tloušťka mezikruží [mm]

Jelikož W_o mi vyšlo větší než $W_{o_{min}}$, můžu průřez brát jako vyhovující pevnostní podmínce.

7.3 Návrh šroubů konzolí

Dvě konzole budou upevněny ke stěně ve voze pomocí šroubů. Do každé konzole přijdou dva šrouby, kdy všechny šrouby musí být uzpůsobené na přenos působících osových sil (7.14).

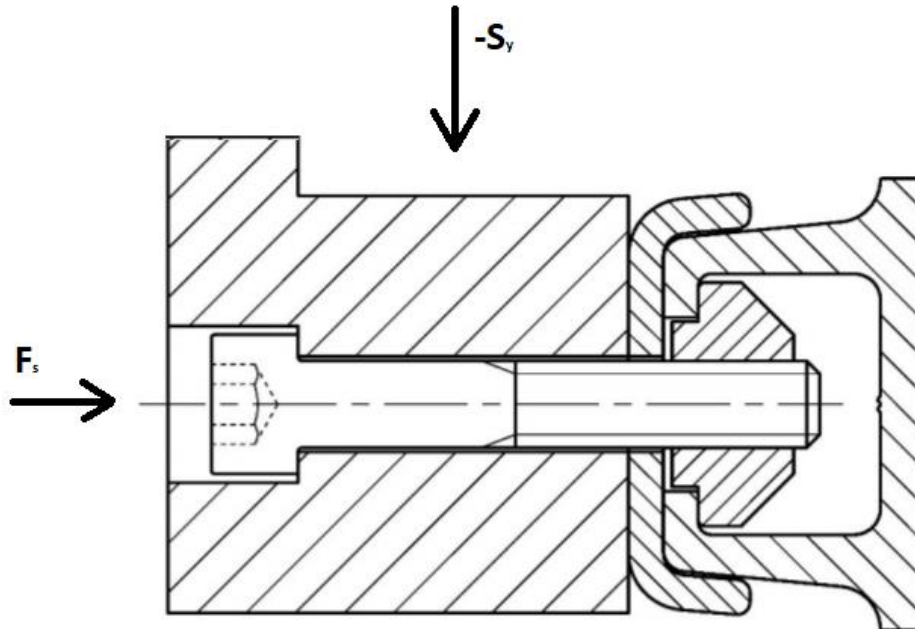
$$F_s = \frac{-S \cdot k_s}{i \cdot f} = \frac{(1101,5 + 751,506) \cdot 1,5}{2 \cdot 0,15} \quad (7.14)$$

$$F_s = 9265,03 \text{ N}$$

kde:

F_s – osová síla namáhající šroub [N]; S – reakce ve vazbě konzole [N]; k_s – koeficient smykového tření v reakci S (volím 1,5) [-]; i – počet šroubů v jedné konzole [-]; f – koeficient smykového tření při reakci S (volím 0,15) [-]

Na obr. 7.11 můžeme vidět detailně šroubový spoj a zatížení, kterými šroub podléhá. Jako materiál šroubu volím ocel E300 (ČSN EN 10025-2). Koeficient bezpečnosti volím $k=2$ a dovolené napětí je spočítáno v rovnici 7.15.



Obrázek 7.11 - ukázka šroubového spoje se silami

$$\sigma_{DOV} = \frac{Re}{k} = \frac{300}{2} \quad (7.15)$$

$$\sigma_{DOV} = 150 \text{ MPa}$$

Průřez šroubu budu dimenzovat z namáhání osovou silou F_s (7.16).

$$\sigma = \frac{F_s}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} \leq \sigma_{DOV} \rightarrow d_3 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_s}{\sigma_{DOV} \cdot \pi}} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 9265,03}{150 \cdot \pi}} \quad (7.16)$$

$$d_3 \geq 8,868 \text{ mm}$$

kde:

σ – napětí ve šroubu [MPa]; k – koeficient bezpečnosti [-]; d_3 – průměr jádra závitu [mm]

Na základě výpočtu volím průměr jádra $d_3 = 9,387 \text{ mm}$, který patří závitu M12x1,5. Pro daný rozměr je nutné zkontrolovat i tlak v závitech (7.17).

$$p = \frac{F_s}{\pi \cdot d_2 \cdot H \cdot \frac{m}{P}} \leq p_{DOV} \rightarrow p = \frac{9265,03}{\pi \cdot 11,026 \cdot 1,299 \cdot \frac{50}{1,5}} \quad (7.17)$$

$$p = 6,177 \text{ MPa} \leq 20 \text{ MPa}$$

kde:

p – tlak v závitech [MPa]; p_{DOV} – dovolený tlak v závitech (volím 20 MPa) [MPa]; H – pracovní výška profilu závitu [mm]; d_2 – průměr stoupání závitu [mm]; m – délka závitu [mm]; P – stoupání závitu [mm]

Aby byla v provozu dosažena požadovaná síla, je nutné na šroubu vypočítat utahovací moment M_u (7.18).

$$M_u = F_s \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\gamma + \varphi') \quad (7.18)$$

$$\gamma = \tan^{-1}\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{1,5}{\pi \cdot 11,026}\right) = 2,48^\circ \quad (7.19)$$

$$\varphi' = \tan^{-1}\left(\frac{f_z}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0,15}{\cos\left(\frac{60}{2}\right)}\right) = 9,826^\circ \quad (7.20)$$

$$M_u = 9265,03 \cdot \frac{11,026}{2} \cdot \tan(2,48 + 9,826)$$

$$M_u = 11142,432 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

kde:

M_u – utahovací moment šroubu [N·mm]; γ – úhel stoupání závitu [°]; f_z – součinitel smykového tření v závitech [-]; α – vrcholový úhel závitu [°]; φ' – třecí úhel v závitu [°]

Z výpočtů tedy volím a navrhuji šroub M12 x 60 ISO 4762 – 5.6.

7.4 Pevnostní kontrola

Pevnostní kontrola je poslední ověření, kdy zjišťujeme, zda nedojde v provozu k nežádoucím deformacím police.

Zjednodušené profily navrhovaných profilů, na které budou v provozu působit zatížení definované vyhláškou UIC 566, prověřím i formou analytického řešení.

1. Přední profil police zjednodušený obdélníkovým trubkovým profilem (7.21)

$$\sigma = \frac{M_{o_{max}}}{W_o} = \frac{|-627771|}{3923,57} \quad (7.21)$$

$$\sigma = 160 \text{ MPa}$$

Navrhnutý průřez vyhovuje pevnostní podmínce $\sigma \leq \sigma_{DOV}$.

2. Zadní profil police zjednodušený mezikružím (7.22)

$$\sigma = \frac{M_{o_{max}}}{W_o} = \frac{|-339901|}{2600,097} \quad (7.22)$$

$$\sigma = 130,726 \text{ MPa}$$

Navrhnutý průřez vyhovuje pevnostní podmínce $\sigma \leq \sigma_{DOV}$.

3. Šroubový spoj, který prověřím na kombinované namáhání tah/tlak + krut podle hypotézy HMH (7.23)

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau_k^2} = \sqrt{\left(\frac{F_s}{S}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{M_u}{W_k}\right)^2} \quad (7.23)$$

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_s}{\pi \cdot d_3^2}}{\frac{4}{4}}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\frac{M_u}{\pi \cdot d_3^3}}{\frac{16}{16}}\right)^2}$$

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\left(\frac{\frac{9265,03}{\pi \cdot 10,160^2}}{4}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\frac{11142,432}{\pi \cdot 10,160^3}}{16}\right)^2}$$

$$\sigma_{RED} = 147,794 \text{ MPa}$$

kde:

σ_{RED} – redukované napětí podle hypotézy HMH [MPa]; τ_k – smykové napětí [MPa]; W_k – průřezový modul v krutu [mm³]; S – plocha průřezu jádra šroubu [mm²]

Navrhnutý šroub vyhovuje pevnostní podmínce $\sigma_{RED} \leq \sigma_{DOV}$.

8 Závěr

V mé bakalářské práci jsem se snažil přiblížit problematiku konstrukce podélných zavazadlových polic. Nejprve jsem studoval odbornou literaturu, internetové stránky a různé zahraniční, ale i domácí katalogy od firem, které se výrobou zavazadlových polic zabývají. V mé teoretické části jsem se především zaměřil na společnosti, které se problematikou zavazadlových polic zabývají. Ukázal jsem zde vývoj těchto společností a přehled jejich doposud vyrobených zavazadlových polic.

Cílem práce bylo vytvořit tři konstrukční návrhy podélných zavazadlových polic. Z těchto návrhů jsem jako finální nakonec zvolil poslední, třetí, konstrukční návrh. Všechny konstrukční návrhy byly vypracovány v programu Inventor a pro zobrazení analýzy metody konečných prvků jsem využil Pevnostní analýzu, kterou disponuje také program Inventor.

Řešení třetího konstrukčního návrhu zavazadlové police bylo konstruováno podle pravidel vyhlášky UIC 562. Samotný návrh obsahuje dvě jednoduché nosné konzole ze slitiny hliníku, dva protlačované hliníkové profily, každý jiného tvaru, posuvný háček z konstrukční oceli a plechová výplň s otvory a gumovými pásy. Navrhnutý zadní profil obsahuje drážku pro háček. Posuvný háček na oděv je navrhnutý, aby se v drážce mohl pohybovat z místa na místo dle libosti pasažérů. Také jsem v zadním profilu uvažoval s instalací kabeláže pro různé elektrické zařízení, proto jsou v profilu další otvory. Přední i zadní profil disponují drážkou pro výplň, která je v třetím návrhu plech, ovšem drážky jsou uzpůsobeny i pro jiné výplně jako jsou například skleněné nebo plastové výplně. Navrhnuté gumové pásy slouží pro zabránění samovolnému pohybu výplně, ale také k utlumení hluku při jízdě kolejového vozidla. Výsledný návrh je uzpůsoben pro jednopodlažní elektrické jednoty regionální, mezistátní, ale i dálkové.

V této bakalářské práci je konstrukční návrh také zatížen a dále propočítán pevnostními výpočty podle vyhlášky UIC 566. Nejdříve jsem se zabýval zatížením na výplň, která měla být o velikosti 1000 N na metr délky výplně, kdy toto zatížení představuje tíhu zavazadel na výplni. Poté jsem aplikoval samostatnou sílu 850 N na přední policový díl o velikosti lidské ruky, protože toto zatížení uvažuje se zavěšením osoby průměrné hmotnosti. Dále jsem zatížil háček velikostí 150 N, kde tato síla nahrazuje námi pověšený oděv případně ruční zavazadlo. Tyto tři skutečnosti jsem v poslední analýze spojil a vyhodnotil. Konstrukční návrh jsem také propočítal analytickými výpočty. Jelikož konstrukční návrh nevykazuje žádné nežádoucí deformace, můžeme tento návrh označit jako způsobilý pro provoz.

Jako přínos mé bakalářské práce považuji svůj třetí konstrukční návrh, který úspěšně podlehli zatížením a ustál by v běžném provozu. Jsem si vědom, že tento konstrukční návrh je pouze prototyp a před uvedením do reálného provozu by musel být návrh prověřen podrobněji.

Poděkování

Mé poděkování patří panu doc. Ing. Jiřímu Friesovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultace, které vedly k dokončení mé práce. Děkuji také panu Ing. Jakubu Tížkovi za velmi cenné rady a konzultace, a v neposlední řadě firmě Škoda Transportation a.s. za možnost vypracování tohoto tématu práce.

9 Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] BEMAX. *Luggage Racks* [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: http://www.bemax-systems.com/fileadmin/Abbildungen/Downloads/BemaX_Katalog_2012_Gepaeckablagen.pdf
- [2] SSC. Luggage racks - finding a solution with a system [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: <https://ssc-ag.com/en/products/luggage-racks/>
- [3] SEC SYSTEM SUPPLIER. LUGGAGE RACK [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: <https://sec-lighting.eu/produkty/batozinove-police/batozinove-police-2/luggage-rack/>
- [4] DOPP TRADE. O nás [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: <http://www.dopptrade.cz/2onas.htm>
- [5] DOPP TRADE. Police podélná [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: <http://www.dopptrade.cz/2police-podelna.htm>
- [6] PARS KOMPONENTY. O nás [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: <https://www.parskomponenty.cz/o-nas/>
- [7] PARS KOMPONENTY. Police [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: <https://www.parskomponenty.cz/produkty/vlaky/prostor-pro-cestujici/police/>
- [8] PARS KOMPONENTY. DESIGN BY PARS [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: <https://www.parskomponenty.cz/design-by-pars/>
- [9] PARS KOMPONENTY. VLAKOVÁ POLICE PODÉLNÁ JEDNODUCHÁ SE SKLENĚNOU VÝPLNÍ [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: <https://www.parskomponenty.cz/komponenty/vlakova-police-podelna-jednoducha-se-sklenenou-vyplni/>
- [10] SUPRATEK. O nás [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: <https://www.supratek.sk/o-nas/>
- [11] SEC SYSTEM SUPPLIER. Technológie [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: <https://sec-lighting.eu/technologie/>
- [12] SEC SYSTEM SUPPLIER. Katalóg [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: <https://sec-lighting.eu/#stiahnite-si-katalog>
- [13] SEC SYSTEM SUPPLIER. Batožinové police [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: <https://sec-lighting.eu/produkty/batozinove-police/batozinove-police-2/luggage-rack/>
- [14] SCHALTBAU GROUP. Luggage racks for the Bombardier Electrostar train platform [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: <https://schaltbaugroup.com/references/luggage-racks-for-the-bombardier-electrostar-train-platform/>
- [15] JÁRMŮ ZRT. About us [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: <https://jarmuzrt.hu/about-us/>
- [16] JÁRMŮ ZRT. Presentation [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: https://jarmurt.hu/wp-content/uploads/Jarmu_Zrt_presentation%20eng%20new_small.pdf
- [17] CARABELLI. Catalogo ferroviario [online]. [cit. 16.3.2021]. Dostupný na WWW: http://www.carabelli-italy.com/wp-content/themes/saladmag/cataloghi/ferroviario/carabelli_catalogo-ferroviario.pdf

- [18] ŠKODA. Modernizace a opravy [online]. [cit. 26.3.2021]. Dostupný na WWW: <https://www.skoda.cz/produkty/opravy-a-modernizace/modernizace-osobnich-vozu/#train>

10 Seznam příloh

Příloha 1	Výkres sestavy třetího konstrukčního návrhu
Příloha 2	Výrobní výkres nosné konzole
Příloha 3	Výrobní výkres předního profilu
Příloha 4	Výrobní výkres zadního profilu
Příloha 5	Výrobní výkres výplně
Příloha 6	Výrobní výkres posuvného háčku
Příloha 7	Výrobní výkres gumového pásu